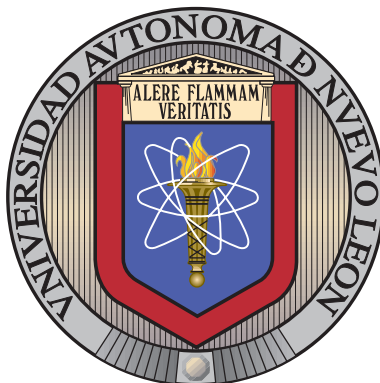


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN PARA LOCALIZAR
ESTACIONES DE SERVICIO DE GAS NATURAL
VEHICULAR EN NUEVO LEÓN

POR

YANG-LI WONG ONTIVEROS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

OCTUBRE 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN PARA LOCALIZAR
ESTACIONES DE SERVICIO DE GAS NATURAL
VEHICULAR EN NUEVO LEÓN

POR

YANG-LI WONG ONTIVEROS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN LOGÍSTICA Y CADENA DE SUMINISTRO

OCTUBRE 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la Tesis «Evaluación y determinación para localizar estaciones de servicio de Gas Natural vehicular en Nuevo León», realizada por el alumno Yang-Li Wong Ontiveros, con número de matrícula 1941019, sea aceptada para su defensa como requisito para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

El Comité de Tesis

Jania Astrid Saucedo

Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez

Asesor

Dra. Edith Lucero Ozuna Espinosa

Revisor

Dr. José Daniel Mosquera Artamonov

Revisor

Vo. Bo.

Dr. Simón Martínez Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado



071

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, octubre 2020



*A mis maravillosos padres, mi unida familia, mis grandes amigos,
mis apreciados colegas, mis ejemplares profesores, mis grandes mentores
y a todos aquellos que por una y otra razón se cruzarán en mi camino.*

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	XIV
Resumen	XVII
1. Introducción	1
1.1. Motivación	3
1.2. Descripción del problema	3
1.3. Objetivos	5
1.3.1. General	5
1.3.2. Específicos	5
1.4. Hipótesis	6
1.5. Justificación	6
1.6. Alcances y limitaciones del proyecto	8
1.7. Metodología	9
1.8. Estructura de la tesis	9
2. Antecedentes, reseña del gas natural caso de estudio	11

2.1. Reseña del gas natural	12
2.1.1. Antes de Cristo	12
2.1.2. Después de Cristo	12
2.1.3. Siglo XIX	13
2.1.4. Primera y segunda guerra mundial	13
2.2. Gas natural	14
2.3. Gas natural en México	15
2.4. El gas natural como combustible vehicular	16
2.5. La globalización del gas natural vehicular	16
2.6. Gas natural vehicular	17
2.7. Comparativa del gas natural vehicular respecto a otras tecnologías	18
2.8. Motores a gas natural vehicular	19
2.9. Cadena de suministro del gas natural vehicular	20
2.9.1. Estaciones de servicio de gas natural comprimido	21
2.9.2. Talleres de conversión de gas natural vehicular	22
2.9.3. Unidades verificadoras de gas natural vehicular	23
2.10. Relación de México con el mundo de gas natural vehicular	23
2.11. Gas natural vehicular en la República Mexicana	24
2.12. Caso de estudio, Área Metropolitana de Monterrey, AMM	25
3. Revisión de Literatura	29

3.1. Problemas de localización	30
3.2. Localización de instalaciones deseables e indeseables	33
3.3. Métodos y herramientas	34
3.4. Herramientas para la toma de decisiones	35
3.5. Evaluación multicriterio	35
3.6. Técnicas de evaluación multicriterio	37
3.7. Métodos de análisis multicriterio	38
3.7.1. Método del centro de gravedad	38
3.7.2. Método de factores cualitativos ponderados	40
3.7.3. Método del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)	41
3.7.4. Método de Brown y Gibson	41
3.7.5. Método de carga-distancia	42
3.7.6. Método TOPSIS	43
3.7.7. Método ELECTRE	43
3.7.8. Método Delphi	44
3.8. Método de transporte	44
3.9. Modelos de localización-asignación	45
3.10. Modelo de localización óptima multiobjetivo	45
3.11. Modelos de cobertura	46
3.12. Geomarketing	46

3.13. Sistema de información geográfica	47
3.14. Elección del método (s)	47
4. Metodología Experimentación y Análisis de Resultados	51
4.1. Paso 1	52
4.1.1. Descripción de metodología aplicada paso a paso	53
4.1.2. Revisión de literatura	53
4.1.3. Consenso de la cadena de gas natural vehicular	54
4.2. Paso 2	56
4.2.1. Análisis de metodología	56
4.2.2. Propuesta de herramienta matemática	56
4.3. Paso 3	60
4.3.1. Ejecución de la herramienta matemática	60
4.3.2. Etapa 2: AHP	60
4.3.3. Revisión de escenarios	92
4.4. Paso 4	92
4.4.1. Resultados de localización	92
4.4.2. Conclusiones	96
5. Conclusiones	100
5.1. Conclusiones generales	100
5.2. Contribuciones	104

5.3. Recomendaciones	105
5.4. Difusión	106
5.5. Trabajo a futuro	106
A. Encuesta a estaciones de GNV	108
B. Encuesta a talleres de conversión de GNV	110
C. Encuesta a clientes de GNV	114
D. Encuesta a parte comercial de GNV	122
E. Encuesta a expertos en localización y ubicación EDSGNV de GNV	124
F. Encuesta de criterios de ubicación EDS de GNV	126

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1. Principales usos del gas natural	14
2.2. Crecimiento regional y global de vehículos GNV	17
2.3. Cadena de valor del gas natural vehicular	21
2.4. Área Metropolitana de Monterrey, AMM	27
4.1. Diagrama general de 4 pasos	52
4.2. Etapas del Proyecto	53
4.3. Aplicación BPMSG stands for Business Performance Management Singapore	57
4.4. Análisis de la Demanda	60
4.5. Uso del AHP	61
4.6. Distribución porcentual por factores observada de los autores con- sultados	66
4.7. Jerarquía de decisión, este modelo cuenta con 9 niveles.	74
4.8. Comparación y calificación por pares	75
4.9. Resultado de los 6 expertos, matriz comparacion por pares	76

4.10. Matriz consolidada de 6 expertos de la comparación por pares . . .	77
4.11. Prioridades globales	78
4.12. Ponderación de criterios	78
4.13. Distribución actual de EDS de GNV en el AMM (2019)	79
4.14. Mapa de clientes y talleres de GNV en el AMM	81
4.15. Mapa estaciones propuestas de GNV en el AMM	81
4.16. Mapa concentrado de talleres, EDS y clientes de GNV	82
4.17. Regiones con GNV en el AMM	82
4.18. Región con mayor movimiento vehicular del AMM	83
4.19. Estaciones actuales y propuestas del AMM	83
4.20. Esquema de 5 casos a evaluar	85
4.21. Nombre y número de 24 EDS a GNV	85
4.22. Distribución geográfica de las EDS de GNV.	86
4.23. Caso A: 7 estaciones propuestas ponderadas	87
4.24. Caso B: 10 estaciones ponderadas	87
4.25. Caso C: 15 estaciones ponderadas	88
4.26. Caso D: 7 estaciones en servicio ponderadas	89
4.27. Caso E: 24 estaciones ponderadas	89
4.28. Caso A: 7 estaciones propuestas ponderadas	90
4.29. Caso A: 7 EDS propuestas por la empresa A	90

4.30. Ponderación final de alternativas del Caso A	91
4.31. Tabla de evaluación final del Caso A	92
4.32. Ponderación de alternativas del Caso A.	93
4.33. Resultado de ponderación de EDS del Caso A)	93
4.34. Tabla de calificaciones por criterio y alternativa	94
4.35. Caso B 10 estaciones ponderadas	95
4.36. Caso C: 15 estaciones ponderadas	96
4.37. Caso D: 7 estaciones en servicio ponderadas	97
4.38. Caso E: 24 estaciones ponderadas	98

ÍNDICE DE TABLAS

2.1. Parque vehicular a gas natural en el mundo	24
2.2. Mercado de estaciones públicas de GNV	26
3.1. Métodos exactos más utilizados en la localización de instalaciones	39
3.2. Métodos en revisión de literatura	50
4.1. Relación de talleres vs EDS de GNV	59
4.2. Tabla 1 criterios de literatura	63
4.3. Tabla 2 criterios de literatura	64
4.4. Tabla 3 criterios de literatura	65
4.5. Criterios obtenidos de los expertos	69
4.6. Criterios de literatura y de expertos	70
4.7. Criterios absolutos tomados en cuenta para evaluación AHP	71
4.8. Criterios específicos seleccionados para su evaluación con su respectiva definición	72

AGRADECIMIENTOS

«El que da, no debe volver a acordarse, pero el que recibe, nunca debe olvidar».

Proverbio judío.

Agradezco a Dios, a mis hermanos espirituales, a mis santos y ancestros que me dieron la paz y la calma para culminar este proyecto de mi vida académica y profesional. Seguidamente a mi padre Jorge Víctor Wong Álvarez quien no tuvo la oportunidad de ver tangible este trabajo, pero sé que en alguno lugar lo estará haciendo y que una de las razones por las cuales ingrese a un posgrado fue gracias a él y a sus ideales por querer que sobresaliera, por su insistencia en mejorar mis estudios y superarlo profesionalmente. A mi madre María Teresa Ontiveros Delgado, quien siempre estuvo (me ha apoyada) apoyándome en todos los sentidos y aspectos a lo largo de estos 2 años, quien quizá era la menos feliz por irme de la ciudad y dejar a mi gran familia pero que sin duda estaba orgulloso de mí y sabia en su interior que los cambios siempre son buenos y abrirme nuevos caminos. A mi mejor amiga, mi compañera, mi fiel hermana Xhel-Ha Hedz-Lum quien desde siempre ha visto por mí, y a la distancia hemos salido adelante. Grosso modo a toda mi familia desde mi abuelita Alicia hasta la más pequeña de la familia Pía. A esta hermosa y amorosa familia a mis tíos, mis primos y sobrinos. Sin duda a todo el cuerpo docente y estudiantil del posgrado en Logística y Cadena de Suministro, en específico a mi tutora, mi profesora y coordinadora del mismo la Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez que desde un inicio, antes de ingresar a la maestría me ofreció su apoyo incondicional en todo momento, ni se

digas en momentos coyunturales que me tocó vivir, siempre estuvo ahí, al pie del cañón, buscando que diera más de mis capacidades, insistiéndome en continuar y compartiendo información para mi futuro, que sin importar las adversidades que se presentaron en estos 2 años pudimos culminar este gran trabajo. Les doy las gracias a mis revisores a la Dra. Lucero Ozuna por su paciencia al Dr. Daniel Mosquera por su compromiso, a todo el cuerpo académico siendo ejemplar y cautivo para adentrarme en el mundo de la logística. Por otro lado, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por brindarme la oportunidad de becarme estos 24 meses y que pocos tenemos la fortuna, que sin ese apoyo y sin la vinculación no podría haber llegado a la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) que por cierto también quiero agradecer, tan maravillosa y gran Institución y en específico a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la cual egresé y que espero siga formando a los líderes del mañana. A todos y absolutamente a todos sin excepción de nadie, a mis compañeros de la maestría; a los egresados y a los que venían empezando, a mis colegas de generación. A todo con los cuales en algún momento tuve la oportunidad de compartir el aula y a otros con los cuales solo compartí una charla y por pequeña que hubiera sido la recuerdo y les agradezco el haber platicado con un servidor. Realmente no quisiera que se me pasara ningún nombre, pero enormes gracias a Fátima, Allan, Luis, Ulin, Bennie, Naye, Loraine, Johanna, Tanayi, Adrián, Enoch, Nancy, Pahua, Darío, Erick, Gaby, Jackie, Katia, Abel, Robert, Alejandra, Kari, Lili, Alan, Moy, Gera, Lalo, Javi...

Agradezco enormemente a todos mis amigos y a los que fui descubriendo dentro de mi incursión en Monterrey y en mis andares dentro y fuera de la maestría como mis compañeros de baile, de baloncesto, de crossfit, de liderazgo y comunicación y de otros clubes a los que pertenecí. Y que por mencionar algunos son; Jose Luis, Eric, Toño, Elithz, Mayra, Jessie, Sibrain, Itzelt, Mari, Ivon, David, Fanny, Cecilia, Liz, Fabiola, Bernie, Ana, Clemen, Nora, Lucy, Liliana, Alejandra, Zule, Selene, Rol, Edgar, Roque... y que siempre me han brindado su apoyo, de la misma manera a esos amores que crearon un vínculo energético en mi camino

que claro hoy ya no están pero que con el debido respeto les doy las gracias por tanto apoyo: Samantha e Hypatia. Y a todos y cada una de las personas que fueron abriendo paso conmigo y por mínimo que sea conversamos de una y/o cierta forma con agrado o no, pero compartimos labia y dejamos ese algo entre nosotros.

No me queda más que dar las GRACIAS.

Yang-Li Wong Ontiveros

RESUMEN

«No entiendes realmente algo a menos que seas capaz de explicárselo a tu abuela».

Albert Einstein

Yang-Li Wong Ontiveros.

Candidato para obtener el grado de Maestría en Logística y Cadena de Suministro.

Universidad Autónoma de Nuevo León.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Título del estudio: EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN PARA LOCALIZAR ESTACIONES DE SERVICIO DE GAS NATURAL VEHICULAR EN NUEVO LEÓN.

Número de páginas: 134.

OBJETIVOS Y MÉTODO DE ESTUDIO: La creciente demanda por el uso de tecnologías limpias, amigables al ambiente y económicas al consumidor ha propiciado que en los últimos años haya aumentado el uso de gas natural vehicular a una alta velocidad dentro de varias regiones de la República Mexicana. México un país petrolero que en su momento solo optó por la gasolina, el diésel y el gas L.P., se ve en la necesidad de incursionar al día de hoy en el uso del gas natural donde históricamente no se ha manejado este tipo de combustible reflejándose en la falta de instalaciones de suministro y ductos que transporten gas natural.

Dicho esto, la demanda generada por el parque vehicular ha aumentado proporcionalmente con una tasa anual entre el 8 % y 12 % en las estaciones de servicio que suministran gas natural comprimido, sin embargo la capacidad de servicio

que se encuentra hasta el día de hoy, es insuficiente e ineficiente. Por este motivo las cadenas de suministro del gas natural encargadas de la logística; transporte, distribución y comercialización de este combustible están incrementando, en cuanto a la construcción de nuevas estaciones de repostaje capaces de abastecer y controlar los requerimientos del parque vehicular de México, ubicándolas en las mejores zonas posibles cuyo principal objetivo sea la satisfacción del cliente demandante.

El propósito de este trabajo consiste en desarrollar e implementar un método de elección y ponderación de ubicaciones mediante el uso de herramientas cuantitativas y cualitativas de selección y localización de estaciones de servicio de gas natural vehicular (GNV).

El presente proyecto se basa en la situación actual que contempla el estado de Nuevo León, concretamente en el Área Metropolitana de Monterrey (AMM), zona que está a la vanguardia y en constante crecimiento con el uso de este combustible como medio de transporte, teniendo hasta la fecha 7 de las 27 estaciones de servicio que se encuentran en el país, aunado a que se tienen presupuestadas 150 estaciones más en México de la cuales 8 estaciones estarían en el área conurbada de Nuevo León dentro de los próximos años.

CONTRIBUCIONES Y CONCLUSIONES: Por lo anterior se propuso la utilización del AHP, Proceso Analítico Jerárquico; herramienta cuantitativa y cualitativa de base matemática que permite estructurar un problema multicriterio y de localización en forma visual, cuyo objetivo fue encontrar, cuantificar y determinar las ubicaciones más adecuadas para instalar y construir dichas estaciones de servicio de gas natural vehicular sobre la base del uso de distintos criterios y factores con el apoyo de estudios científicos y de expertos en materia respecto a la localización de instalaciones. Y al ser parte de un caso de estudio real se entregó a la empresa en cuestión los archivos y programas editables para su uso correspondiente.

Palabras clave: cadena de suministro, logística, gas natural vehicular, localización, AHP.

Firma del asesor: _____
Dra. Jania Astrid Saucedo Martínez

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

«Todos los triunfos nacen cuando nos atrevemos a comenzar».

Eugene Ware.

En este capítulo se presentan los objetivos, la justificación, alcances y limitaciones del trabajo, las contribuciones esperadas, el impacto social-económico y, por último, la estructura del documento.

La importancia y trascendencia de este trabajo parte de la tendencia hacia el elevado crecimiento del gas natural vehicular en México como potencial combustible alternativo: económico, limpio, seguro y amigable al ambiente comparado con la gasolina, gas L.P. y el diésel, inclusive ante el surgimiento de vehículos eléctricos.

La importancia en la cadena de suministro del gas natural comprimido, parte desde que es transportado, distribuido y comercializado al cliente final, quien busca satisfacer una necesidad abasteciendo su vehículo con dicho combustible. De esta manera, de acuerdo con Blanchard (2012) la cadena de suministro es la secuencia de eventos que cubren el ciclo de vida entero de un producto o servicio desde que es concebido hasta que es consumido, y la logística es el movimiento de los bienes correctos en la cantidad adecuada hacia el lugar correcto en el

momento apropiado (Betancour *et al.*, 2012).

Ahora bien, partiendo de los conceptos anteriores, este trabajo busca analizar una propuesta metodológica para dar solución a los problemas de localización y ubicación de instalaciones indeseables físicas en el sector de servicios en el Área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León. Dicha problemática se presenta al momento de que la demanda ha sido superada por la oferta del mercado del gas natural vehicular causando insatisfacción y desaliento a los consumidores por dicha tecnología, y que no solo aqueja a gran parte del cliente final, sino que también a los intermediarios de dicha cadena, tales como; empresas verificadoras, talleres de conversión de gas natural, y estaciones de servicio. De tal forma que es importante ser meticulosos en la toma de decisiones y aclarar que la ubicación de instalaciones depende de la actividad económica y social de cada empresa. Teóricas (2010) consideran que la localización de instalaciones es una de las decisiones claves en el proceso de diseño de un sistema logístico además que Daskin *et al.* (2005) menciona que las instalaciones mal ubicadas disminuyen el desempeño operativo mientras están en funcionamiento, es decir, que las decisiones no deben ser tomadas de manera apresurada ya que acarrearía pérdidas monetarias al hacerlo inconscientemente debido a que existen distintos factores y criterios de localización que se deben tomar en cuenta.

Es por lo anterior, que la presente tesis abordará los problemas de localización-asignación y herramientas de análisis multicriterio, mejorando la manera en la que las empresas dedicadas a la expansión y ampliación ubiquen las estaciones de repostaje donde obtengan los mejores resultados en cuanto a costo-beneficio, impactando crucial y significativamente en la cadena de valor ya que en la actualidad dichas empresas no contemplan un análisis científico ni una base tecnológica para su operación repercutiendo en toda la cadena de valor, pero considerablemente en el consumidor final.

1.1 MOTIVACIÓN

A partir de la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la maestría en logística y cadena de suministro (UANL), contribuir y aportar una metodología que diera solución a una problemática real; el desabasto de estaciones de carga de GNV que atienda a los clientes de la mejor forma operativa y estratégica, el caso de estudio es aplicable in Situ, y puede llegar a ser replicable en cada entidad federativa del país que cuente con gas natural comprimido pudiendolo poner en práctica al hacerlo de buena calidad, facilitando su resolución y amigable en su ejecución y operación para de esta forma eliminar uno o varios pasos dentro de lo que es la localización de instalaciones debido a que en cierta forma las empresas no cuentan con una base metodológica de aplicación y estudio para ello, y al ser muy similares tuvieran el acceso a dicho método. De esta manera reducir la problemática y eficientizar la logística y cadena de valor del gas natural vehicular.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El gas natural resulta más eficiente y sustentable en comparación con otros tipos de combustible fósil, debido a la menor generación de emisiones de CO₂ y a los elevados rendimientos de la energía contenida en éste (alrededor del 60%), aunado a que es un combustible de menor costo y mayor seguridad. Es de destacar que, de acuerdo con el departamento de energía de Estados Unidos, México es el 4to país con reservas de gas natural en el mundo, razón por la cual lo hace más atractivo al incursionar en este tipo de tecnologías, que al ser menos contaminante y económico se ha usado a nivel industrial y doméstico como combustible en el país. Por ello otro de sus usos es como combustible para el transporte, conocido como Gas Natural Vehicular (GNV), el cual provee una serie de beneficios con un bajo impacto a nivel económico y ambiental.

Acorde con datos de la Asociación Mundial NGV Global hay más de 23 millones de vehículos a gas natural y cifra que va en aumento. En la última década, en los Estados Unidos Mexicanos la demanda nacional de gas natural vehicular ha incrementado 34.3%, es decir, que hoy en día circulan en gran parte del país alrededor de 18 mil vehículos con gas natural comprimido y que no es de esperarse que siga incrementado el parque vehicular con dicha tecnología, la Secretaría de Energía estima que dentro de los próximos 5 años circularan tres millones de unidades con este combustible, desde autos propios, camiones de carga, flotillas de taxis y transporte público, etc (NGV, 2018).

Por ello, el gas natural vehicular ha cobrado mayor relevancia para nuestro país, ya que es un combustible eficiente, seguro y económico; se reducen las emisiones de CO₂, de NO_x y de partículas suspendidas, lo que permite mitigar la contaminación, mejorando la salud y calidad de vida de la población en grandes urbes como lo son la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, siendo este último el pionero y más importante en cuanto a la vanguardia del uso de esta tecnología y que la presente tesis de maestría toma al estado de Nuevo León como caso de estudio.

De acuerdo con datos de la Asociación Mexicana de Gas Natural, solo 21 entidades federativas de las 32 de la República cuentan con gas natural comprimido, se cuenta con poco más de 46 estaciones de GNV y casi 30 talleres de conversión a gas natural vehicular. En cuanto a lo que el Área Metropolitana de Monterrey (AMM) respecta se tienen alrededor de 8 Estaciones de Servicio (EDS), 10 talleres de conversión y alrededor de 12 mil unidades a gas natural, cifra que de la misma forma va en aumento debido a los altos costos de las gasolinas, gas L.P. y diésel, y que de cierta forma la cantidad y deficiente ubicación de estaciones de servicio actuales de GNV no ha aumentado a la par de su demanda provocando insuficiencia en el abastecimiento de vehículos, lo que a grandes rasgos ha conseguido un desequilibrio en los eslabones de la cadena de suministro del gas natural por esta razón empresas privadas buscan la expansión de EDS en el AMM determinando

la cantidad, la cobertura de la demanda así como las mejores ubicaciones para su construcción e instalaciones razón por la cual se realiza dicha investigación.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL

Determinar e identificar la ubicación más adecuada de una o más estaciones de servicio de gas natural vehicular aplicando los criterios, modelos y metodologías de análisis cuantitativas y cualitativas de toma de decisiones más adecuadas para que garanticen la cobertura y satisfacción de la demanda actual y futura del mercado en el Área Metropolitana de Monterrey.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Conocer las prioridades y necesidades de todos los agentes que intervienen en la cadena de valor del gas natural vehicular con la realización de encuestas en campo.
- Realizar y establecer el estudio pertinente para el diagnóstico y análisis de la información de requerimientos para localización de instalaciones de repostaje de gas natural.
- Identificar los criterios que determinan la localización de EDS de GNC.
- Investigar y comparar metodologías cuantitativas y/o cualitativas que solucionen el problema de localización de instalaciones no deseadas, contemplando diferentes criterios en el planteamiento de sus objetivos.

- Mostrar los diferentes escenarios y resultados que surjan a partir del desarrollo de la metodología.
- Analizar y comparar los diferentes resultados del proyecto.
- Elaborar un artículo académico de carácter publicable basado en los resultados de la investigación.
- Realizar un entregable para la empresa respecto al caso de estudio.

1.4 HIPÓTESIS

Por medio de las metodologías de análisis, toma de decisiones y modelos matemáticos, se podrá cuantificar, determinar, identificar y ubicar una o más estaciones de servicio de gas natural vehicular que garanticen la cobertura y satisfacción de la demanda actual y futura del mercado en el Área Metropolitana de Monterrey.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Concuerdo con Drezner y Hamacher (2002), la parte en la que mencionan que no existe un modelo general de localización de instalaciones que pueda ser aplicado a todos los diversos problemas existentes, por ello el cuestionamiento a cerca de; ¿qué tipo de instalaciones se necesitan?, ¿qué tamaño han de tener?, ¿en qué sitios deben localizarse las instalaciones de servicios? ¿dónde deben estar ubicadas? y ¿cuáles deben ser la distribución interna de los elementos?, así como criterios de localización económicos, ambientales, políticos y sociales, los cuáles no están definidos y necesitan ser priorizados, es decir, que se indiquen cuales tienen más importancia que otros, con el objetivo de llegar a compromisos a favor del bien común.

En el mundo en el que vivimos se nos plantean más problemas de los que podemos llegar a resolver, y hoy en día la localización y ubicación no es tarea fácil, es un factor importante particularmente en esta era de producción y servicios dentro de los mercados globales que avanza a pasos agigantados.

La localización tiene por objeto, obtener las mejores ganancias de los diferentes sitios donde sea posible ubicar el proyecto obteniendo los mejores beneficios en cuanto a costos y cobertura.

La situación en la que se encuentra no solo el Área Metropolitana de Monterrey sino todo el país que cuenta con GNV es la poca proporción de estaciones de repostaje con el alto flujo vehicular de carros usando esta tecnología, como ejemplo es este caso de estudio donde solo se tienen 9 estaciones para alrededor de 18 mil vehículos, quedando sin atender al menos la mitad de ellos y que se ven en la necesidad de manejar sus coches con gasolina incrementando los costos de operación, es decir, disminuyendo sus ganancias sin obtener beneficios al uso de GNV.

Por ello, en la actualidad las empresas inversionistas del gas natural no toman en cuenta un análisis para la toma de decisiones y localización, pese a que existen diferentes metodologías, que ayudan a determinar la ubicación de manera más acertada, y no lo hacen debido a la falta de conocimiento tanto de quienes realizan proyectos, como de los expertos quienes supervisan la elaboración de estos.

Actualmente, algunas empresas propias del estado de Nuevo León, así como extranjeras e internas del país, ven con buenos ojos la inversión a nuevas estaciones de gas natural vehicular debido al constante aumento de unidades de transporte de este combustible. De acuerdo con la Asociación de Gas Natural (2019) se pretenden construir al menos el doble de estaciones que con las que cuenta hoy en día el Área Metropolitana de Monterrey, es decir más de 8 gasineras en los próximos años, y que de igual forma gracias a la Reforma Energética se asentaron las

condiciones para impulsar la masificación de gas natural vehicular en México, así como la instalación de estaciones multimodales que incluyeran el despacho de gas natural, además de gasolina y diésel.

Cabe destacar que como lo hemos venido mencionando todo es parte de una cadena de valor y que, si un eslabón está roto, no se cumple con la buena operabilidad y/o sustento de ella, por tanto, es necesario recalcar que si la infraestructura y disposición del gas natural son deleznable no habrá crecimiento del mercado, dicho de otras palabras, si no hay suficientes estaciones muchos de los interesados en usar este combustible no van a convertir sus automóviles migrando hacia otra tecnología que si los tome en cuenta, provocando pérdidas económicas para todo el sector del gas natural.

Por ello, hemos decidido analizar cuál es la mejor solución a la problemática presentada y tomar las mejores decisiones en cuanto a localización de instalaciones comparando una serie de criterios y alternativas basadas en herramientas matemáticas y técnicas de análisis multicriterio para su aplicación.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

Se requiere encontrar una solución al problema de localización, determinando la cantidad de estaciones que se requieran hoy en día y dentro de los próximos 5 años, así como las mejores ubicaciones contemplando la demanda del mercado dentro del Área Metropolitana de Monterrey. Al ser un caso de estudio, explicar y otorgarle a la empresa las bases y aplicativos que surjan de la investigación.

1.7 METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo del presente caso de estudio se comenzó por identificar y determinar la problemática, seguido de una revisión de la literatura de estudios similares que conllevaran al uso de herramientas y modelos para la toma de decisiones multicriterio, permitiendo seleccionar y ajustar los datos para posteriormente comenzar con la experimentación y validación de los resultados obtenidos y al final implementar el uso de estas herramientas mediante softwares específicos capacitando a las personas involucradas en el proceso para la obtención de los beneficios esperados para la empresa incluyendo las aportaciones y recomendaciones para trabajos futuros y a fin a este, permitiendo la proposición de mejoras.

1.8 ESTRUCTURA DE LA TESIS

El presente trabajo hace énfasis en la importancia que representa la toma de decisiones en cuanto a la localización y ponderación de alternativas. Dicha tesis está organizada y distribuida por 5 capítulos. El primer capítulo “Introducción”, contiene la problemática y planteamiento de la investigación, así como explicación de manera concisa del propósito del estudio. En el segundo capítulo “Antecedentes, reseña del gas natural caso de estudio” se aborda una breve historia del gas natural y su diversidad así como el estudio en Monterrey, en el tercer capítulo “Revisión de literatura” se muestran los principales conceptos relacionados con la temática abordada que sustentan la investigación fundamentándose en información similar comúnmente usada para la elección del o los métodos y herramientas. El cuarto capítulo “Metodología Experimentación y Análisis de Resultados” incluye lo concerniente a la propuesta a través del conjunto de etapas y pasos del proyecto, el desarrollo de las herramientas correspondientes para la solución de la problemática, explicando los fundamentos, las circunstancias y términos para

aplicarlas y finalmente los resultados de los casos de investigación. En el capítulo 5 “Conclusiones” se concentra lo arrojado por dicha tesis, así como las recomendaciones, contribuciones, y consideraciones hacia la cadena de suministro además los trabajos y aportaciones a futuro que se desprende del análisis.

Para esta investigación fue necesario delimitar el enfoque de y hacia quien va dirigido, principalmente a la empresa privada líder en expansión de estaciones, que a su vez impacta crucialmente en todos los agentes de la cadena de suministro.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES, RESEÑA DEL GAS NATURAL CASO DE ESTUDIO

«La educación científica de los jóvenes es al menos tan importante, quizá incluso más, que la propia investigación».

Glenn Theodore Seaborg.

La toma de decisiones siempre ha formado un vínculo muy importante dentro de las empresas competitivas, aunado a la sinergia de la logística y la cadena de suministro que han favorecido al desarrollo económico y empresarial del país. En este caso se busca expandir y ampliar fronteras en cuanto al desarrollo de nuevos proyectos, llamadas estaciones de gas natural vehicular, que para ello se busca de las mejores ubicaciones para competir en el mercado. Por ello, a lo largo de este capítulo se abordarán los principales métodos en cuanto a la problemática planteada, así como una breve historia de la cadena de valor del gas natural.

2.1 RESEÑA DEL GAS NATURAL

Los usos que la población le ha dado al gas natural han sido distintos y diversos a lo largo de la historia debido a la información que se tenía acerca de sus propiedades y del desarrollo tecnológico que podía otorgar.

2.1.1 ANTES DE CRISTO

Los primeros yacimientos de gas natural fueron encontrados entre los años 6000 y 2000 A.C en Persia, lo que hoy se conoce como Irán, Grecia y la India, donde los pueblos construyeron templos alrededor de ellos para adorar a sus dioses mediante “fuegos ardientes” o “llamas eternas” que surgían de ellos como antorchas debido a las fugas de gas. El siguiente hallazgo se hizo en China en el año 211 A.C cuando se efectuó la primera perforación de un yacimiento de gas a 150 metros de profundidad, usando para su extracción varas de bambú a modo de tuberías. Los chinos usaban dicho gas para secar las rocas de sal quemándolas en hornos. (Nortegas, 2019)

2.1.2 DESPÚES DE CRISTO

Años más tarde, en Europa, en 1659 los ingleses descubrieron el gas natural, pero fue hasta 1790 que lo empezaron a comercializar. De hecho, en los primeros yacimientos de petróleo que se explotaban, el gas natural era visto como un obstáculo ya que mareaba e impedía a los obreros trabajar, por lo que se dejaba fugar libremente durante largas horas. En 1792, el escocés Murdock consiguió que la iluminación de su hogar fuera a base de gas de carbón, lo que incentivó a que doce años más tarde, en 1804, se empezara a experimentar con este combustible para el uso de alumbrado. En el año de 1821 en Estados Unidos, William

Hart excavó el primer pozo, y con esto iniciar el suministro de gas y permitir la iluminación de la aldea de Fredonia (Nueva York) dando lugar más tarde a la primera compañía de distribución de gas, la Fredonia Gas Light Company, pero de igual forma el gas paso desapercibido y sin mucho éxito. (Nortegas, 2019)

2.1.3 SIGLO XIX

En este siglo fue donde el gas natural cobro auge empezando a distribuirse a través de cañerías y redes de suministro, pero no soportaban grandes cantidades de gas ni grandes distancias (hasta un máximo de 160 km), pero no era impedimento debido a la necesidad de localizar fábricas de gas cerca de cada municipio menospreciando el gran coste asociado. En este periodo, el gas fue utilizado casi exclusivamente como fuente de iluminación en las vías de las grandes urbes europeas y americanas. Fue además en este siglo, cuando Michael Faraday empezó a experimentar cómo licuar el metano (precursor del gas natural licuado “GNL”), descubrimiento que se logró por Karl Von Linde en 1873 al inventar el primer compresor capaz de hacer dicho propósito. (NEGDIA, 2020)

2.1.4 PRIMERA Y SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Posteriormente como consecuencia de las innovaciones tecnológicas que había, se mejoraron materiales, compresores, herramientas y gasoductos, por lo que la red de transporte, almacenamiento y uso creció. Por otro lado, como fechas destacables se a de citar la de 1941, cuando en Ohio (Estados Unidos) se construyó la primera planta de licuefacción de gas natural y la de 1959, cuando el buque metanero Methane Pioneer empezó a navegar llevando a bordo GNL.

Cabe destacar, que es de vital importancia licuar dicho gas, sobre todo, en la logística del transporte y almacenamiento, puesto que el GNL reduce su tamaño



FIGURA 2.1: Principales usos del gas natural

Fuente: (Osinerghmin, 2018)

hasta en 600 veces respecto a su estado gaseoso. Por ello a partir de las crisis energéticas y petroleras de los años 70 y 80 los gobiernos incentivaron el uso del gas natural para ahorrar energía, fue entonces, cuando detonó el boom del mercado del gas natural manteniendo un continuo crecimiento una mayor competencia, y reduciendo la dependencia energética con respecto al petróleo. Sus principales usos se muestran en la figura 2.1 son en el sector industrial, comercial doméstico, y como combustible alternativo vehicular. (Guerrero Suárez y Llano Camacho, 2003).

2.2 GAS NATURAL

Y a todo esto, ¿qué es el gas natural? se denomina así a la mezcla gaseosa no corrosiva ni tóxica, inodora e incolora de hidrocarburos de origen fósil, y que se extrae de yacimientos o de depósitos de carbón en el subsuelo en estado gaseoso. Grosso modo se clasifica en dos tipos de gas; el asociado, es el que se extrae junto con el petróleo y contiene grandes cantidades de hidrocarburos (etano, propano

Componente	Fórmula	Gas no asociado	Gas asociado
Metano	CH ₄	(95-98)%	(60-80)%
Etano	C ₂ H ₆	(1-3)%	(10-20)%
Propano	C ₃ H ₈	(0.5-1)%	(5-12)%
Butano	C ₄ H ₁₀	(0.2-05)%	(2-5)%
Otros	CO ₂ , N ₂ , H ₂ S	(0-8)%	(0-8)%

butano y naftas) y el no asociado, se encuentra en los depósitos que no contienen petróleo crudo. Su composición está formada principalmente por metano (CH₄), variando su porcentaje en composición molar o volumétrica en función del yacimiento de extracción (comúnmente entre un 70 y 97 %) , además de otros gases como el nitrógeno (hasta el 20% y el etano (C₂H₆, hasta el 10%). (Sanz, 2016). Ver Tabla 2.2.

2.3 GAS NATURAL EN MÉXICO

En México, el gas natural constituye la tercera fuente de energía más importante después del petróleo y el carbón, se encuentra solamente el 0.2% de la reserva mundial de gas natural que equivale a 11.4 billones de pies cúbicos, sin embargo, los países con mayor porcentaje de reserva de gas natural son Irán y Rusia con 18.20% y 17.30% respectivamente. (Del Río, 2019).

Actualmente el país cuenta con grandes cantidades de reservas de Gas Natural, siendo el cuarto a nivel global, sin embargo, México solamente opera con el 1.5% de la producción mundial de gas natural con 53.2 millones de metros cúbicos, Estados Unidos es el de mayor porcentaje productivo a nivel mundial con el 22%, y 767.3 millones de metros cúbicos.(OISE, 2015)

2.4 EL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE VEHICULAR

Existen dos tipos de gas natural que pueden ser usados como combustible vehicular dependiendo de su fase térmica, los cuales son; el gas natural comprimido (GNC) y el gas natural licuado (GNL). El GNC o gas natural vehicular (GNV) como coloquialmente se le conoce, es el gas natural almacenado a altas presiones. Se utiliza en vehículos ligeros y algunos vehículos pesados, como autobuses y camiones de carga. El GNL es gas natural en estado líquido, criogenizado a -161°C . Se utiliza en transporte pesado, sobre todo de larga distancia, ya que proporciona una mayor autonomía. Para la presente tesis nos centramos únicamente en el gas natural comprimido o gas natural vehicular.

2.5 LA GLOBALIZACIÓN DEL GAS NATURAL VEHICULAR

Hasta el día de hoy, salvo algunos países, la infraestructura de GNV es insuficiente, y los precios de los autos convertidos a GNV son muy altos como para competir en el mercado vehicular y que fuera rentable para su uso a gran escala. Agregado, a que son muy pocas las estaciones de servicio que suministran GNC por lo que no pareciera ser una solución real y viable en un futuro inmediato, pero el papel cambia desde la perspectiva de México que muestra todo lo contrario, al ser impulsor del gnv en los últimos 10 años.

A lo anterior, el GNV abastece cerca de 150.000 vehículos en los Estados Unidos y aproximadamente 22 millones de vehículos en todo el mundo mostrado en la figura 2.2.

Los vehículos de gas natural son una buena opción para las flotillas de vehículos que recorren grandes cantidades de kilómetros, derivados del sector público y de servicio, como; autobuses, taxis, vehículos de recolección de basura, tractocamiones, patrullas, etc, teniendo grandes ventajas como combustible alter-

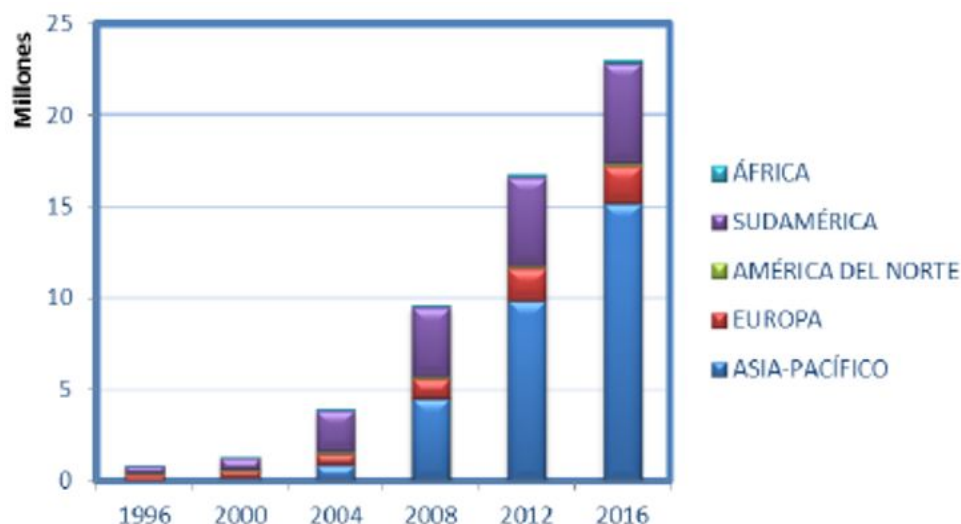


FIGURA 2.2: Crecimiento regional y global de vehículos GNV

Fuente: (AMNGV, 2016)

nativo, incluyendo su disponibilidad interna, la red de distribución establecida, un costo relativamente bajo, y los beneficios de las emisiones. Adib *et al.* (2015)

2.6 GAS NATURAL VEHICULAR

Como ya se ha mencionado con anterioridad este combustible es más eficiente, económico, seguro y sustentable en comparación con otros tipos de combustible fósil, y que la República Mexicana cuenta con grandes reservas que aún no han sido explotadas, de esto el resultado de incursionar en una tecnología como combustible apta para los vehículos de inyección electrónica y que sin menospreciar a otras tecnologías emergentes el gas natural vehicular (GNV), lleva más de 75 años de operabilidad en el mundo, solo que el país no veía la importancia de su operación, no fue hasta que los costos de las gasolinas y diésel incrementaron, hubo escasez de gasolinas provocado por la ordeña de ductos, así como el surgimiento de programas ambientales para incentivar al usuario a elegir combustibles verdes, causando en México un boom hacia el uso de este combustible,

de esta forma las entidades del país han optado por esta tecnología catapultándola como un combustible de transición ante los vehículos eléctricos dentro de los próximos 30 años.

Por ende el gas natural vehicular, también conocido como gas natural comprimido (GNC), o NGV “Natural Gas for Vehicles” por sus siglas en inglés, es un combustible vehicular que ofrece importantes ventajas económicas de alrededor de un 50 % al rendimiento del vehículo respecto a otros combustibles fósiles, un claro ejemplo es a la hora de migrar la tecnología de gasolina a GNV, donde un carro de 4 cilindros para un cliente de alto consumo representaría un ahorro de entre 5 y 6 mil pesos mensuales, como un taxi, y asociado a ello las ventajas ambientales, reduciendo en este sentido en un 90 % las emisiones de monóxido de carbono (CO), 25 % de dióxido de carbono (CO₂), 100 % de partículas suspendidas y sin producir óxidos de azufre (SO_x), con respecto a las gasolinas. Si se lo compara con el diésel, las emisiones de CO₂ pueden disminuir hasta en un 35 % y las de CO en un 95 %, según estimaciones de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2019)

2.7 COMPARATIVA DEL GAS NATURAL VEHICULAR RESPECTO A OTRAS TECNOLOGÍAS

Se deben tomar en cuenta dos actores que compiten principalmente y afectan de manera directa y real al sector del gas natural a nivel mundial, los cuales son; Vehículo a Gas Licuado del petróleo (GLP), y tiene precios y tecnologías muy similares a las del GNC, una de sus ventajas es la disponibilidad de mayor puntos de repostaje, al ser alrededor de 10 veces más que con el GNC, por el contrario el glp es menos rentable y eficiente. Vehículo Eléctrico, esta tecnología es distinta al GNC, una alternativa mas limpia y amigable al ambiente comparado con los

combustibles tradicionales al ser cero emisiones, aunado a que su eficiencia en el consumo y rendimientos llama la atención del cliente repercutiendo de manera notable en los bolsillos de los usuarios. Por el contrario, esta alternativa es de alto costo de adquisición comparada con las antes vistas y de una baja autonomía en sus modelos.

Como se ha venido mencionando, no son muchos los combustibles que puedan hacerle frente al gnv y que amenacen de manera directa a dicho sector. A pesar de ello estos productos ocupan bastante parte del mercado y respecto a su rentabilidad, es muy variable e inestable en función de las condiciones de uso y de adquisición de estos productos, pero a priori no cuentan con una mayor rentabilidad que el gas natural. Por ello, tomando como referencia que en la Conferencia Mundial de la Energía celebrada en Tokio en el año de 1995 se afirmó que el gas natural es una energía con un gran potencial de desarrollo a futuro y como alternativa a otros combustibles tradicionales, por las ventajas que ofrece frente a estos en cuanto a coste de producción, seguridad, ahorro y bajas emisiones contaminantes.

De forma notable el gas natural presenta una ventaja y punto importante del que se apoya dicho trabajo, el cual considera al gas natural como un combustible seguro para su aplicación al transporte, tanto licuado como en estado gaseoso comprimido.

2.8 MOTORES A GAS NATURAL VEHICULAR

Ahora bien, la historia de los vehículos de gas natural data del año 1860 cuando Etienne Lenoir creó un motor de combustión interna a base de gas carbón como combustible, pero su baja potencia hizo que no se utilizara como combustible ideal en ese entonces, y fue hasta 1885, cuando Karl Benz fabricó el primer automóvil con motor a gasolina detonando el sector automovilístico y por ende el

comercio, el transporte, la industria, así como la agricultura y ganadería.

Ya que el objetivo de este trabajo va dirigido al sector del transporte, tomamos en cuenta que tanto la operatividad como el funcionamiento de un vehículo a gas natural, gas L.P, diésel y gasolina son similares, y que actualmente se ha consolidado el gas natural vehicular como fuente de energía primaria, se ha hecho que empiece a estar en condiciones de competir con el mercado automovilístico y de transportes actual.

Con palabras de la organización de Vehículos de Gas Natural para América (Natural Gas Vehicles for America): El gas natural está iniciando la siguiente era de combustibles alternativos, la Era de los Gases, que va a acelerar el desarrollo tecnológico basado en los gases. Las inmensas reservas mundiales de gas natural, van a ser un factor crucial en este desarrollo.

Otras fuentes y autores opinan que el combustible del futuro es el hidrógeno y que el GNV sólo será un paso intermedio entre éste y los combustibles mayoritarios actuales. Sea cual sea el futuro, el gas natural tiene el potencial para cumplir una función significativa como una fuente de combustible económica.

Son algunas de estas razones por las cuales el presente proyecto pretende proporcionar al lector un estudio sobre la cadena de valor del gas natural vehicular, centrándonos en el estudio de la localización de estaciones de servicio de dicho.

2.9 CADENA DE SUMINISTRO DEL GAS NATURAL VEHICULAR

Grosso modo la industria del GNV está conformada principalmente por 3 entes; las estaciones de servicio, los talleres de conversión y las empresas que certifican a estas unidades convertidas, sin olvidarnos del consumidor quien es el que opera dicha tecnología. Ver figura 2.3.



FIGURA 2.3: Cadena de valor del gas natural vehicular

Fuente: (AMNGV, 2016)

2.9.1 ESTACIONES DE SERVICIO DE GAS NATURAL COMPRIMIDO

Las estaciones de servicio (EDS) de carga de GNV, también son llamadas gasineras, gasocentros, estaciones de punto de venta o de repostaje son las encargadas del suministro de gas natural para vehículos y el suministro de aceites y accesorios. En este caso existen varios tipos de estaciones; fijas y móviles descritas a continuación;

- Estaciones fijas de carga rápida o llenado rápido, donde el gas está almacenado en cilindros dispuestos en forma de cascada, a una presión de 200 a 240 bar. De estos tanques el gas es despachado a los vehículos, por medio de surtidores en forma similar a los combustibles convencionales en un lapso de 2 a 5 minutos. Para flotas de taxis, vehículos pequeños.
- Estaciones fijas de carga lenta o llenado lento, los vehículos reciben el combustible directamente de un compresor, más pequeño que en el caso anterior, el que comprime el gas a presión del tanque del vehículo. El tiempo

de llenado varía entre 3 a 10 horas, periodo donde se realiza el llenado simultáneo de 10 a 15 vehículos. Para flotas de autobuses y camiones.

- Estaciones fijas de servicio dual o multimodales que son aquellas que expenden combustibles líquidos (gasolinas y diésel) y gas natural comprimido.

La red de gas natural es el conjunto de tuberías y accesorios necesarios para la circulación del gas natural desde el equipo de compresión o almacenamiento de GNV hasta los dispensadores o despachadores.

Tomando en cuenta la definición anterior, el abastecimiento de gas puede ser por red de ductos (convencionales) o por transporte de semirremolques que llevan grandes cantidades de gas natural comprimido a estaciones de suministro donde no llegan los ductos, de esta forma suministrar vehículos directamente, denominando a este gas; virtual o móvil, mediante las llamadas estaciones remotas o móviles. Es importante mencionar que este estudio solo abarcó el uso y ubicación de estaciones fijas, y que en otra ocasión se tocará el tema de las estaciones móviles.

2.9.2 TALLERES DE CONVERSIÓN DE GAS NATURAL VEHICULAR

Los talleres de conversión son aquellos talleres autorizados por el gobierno, para realizar instalaciones de kits de conversión, que permitan convertir un vehículo a gasolina/diésel al uso del GNV. Los vehículos convertidos abarcan las categorías de vehículos livianos, medianos y pesados, pueden ser dedicados o duales, caracterizándose por:

- Los vehículos dedicados funcionan sólo con gas natural.
- Los vehículos duales, operan indistintamente con gas natural o con gasolina, permitiéndole extender su autonomía hasta que encuentre una estación de servicio de GNV.

Los depósitos o tanques de almacenamiento se encuentran debajo del chasis para vehículos de fábrica, en la cajuela para vehículos transformados, y en el caso de los camiones urbanos, es en el techo con una capacidad de almacenamiento de entre 25 y 100 litros equivalentes de gas natural a presiones de 200 a 250 bares.

2.9.3 UNIDADES VERIFICADORAS DE GAS NATURAL VEHICULAR

También llamadas certificadoras, son empresas que otorgan un certificado anual y quinquenal a las unidades que usan dicho combustible, el cual los certifica para poder circular y cargar en las diferentes EDS del país siendo avalado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) de acuerdo con las normas aplicables al gas natural comprimido. Entidad Mexicana de Acreditación (2019)

2.10 RELACIÓN DE MÉXICO CON EL MUNDO DE GAS NATURAL VEHICULAR

Hoy en día los países líderes con esta tecnología son China, Irán, Paquistán, Argentina, India, Brasil. De acuerdo con datos del 2017 la Asociación Internacional de Gas Natural Vehicular (iangv.org) público que existían más de 27 millones de vehículos usando GNV y alrededor de 30,000 estaciones de servicio. Mostrados en la tabla 2.1.

País	Vehículos	Estaciones
China	3,994,350	6,502
Pakistán	3,700,000	3,400
Argentina	2,487,349	1,939
India	1,800,000	936
Brasil	1,781,102	1,805
Italia	885,300	1,060
Colombia	500,000	800
Tailandia	462,454	497
Armenia	244,000	345
México	15,000	27

TABLA 2.1: Parque vehicular a gas natural en el mundo

Fuente (AMNGV, 2016)

2.11 GAS NATURAL VEHICULAR EN LA REPÚBLICA MEXICANA

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) arroja que en nuestro país circulan más de 45 millones de vehículos automotores, este número incluye automóviles, camiones y camionetas para pasajeros, camiones para carga y motocicletas, así como el tipo de servicio oficial y público. Esto conlleva a que las emisiones generadas por vehículos representan hasta un 60% de la contaminación total por partículas suspendidas gruesas como reportan los estudios de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), y lo más alarmante es que, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año mueren en nuestro país más de 14 mil personas a causa de enfermedades asociadas a la contaminación del aire.

A tal efecto el planeta necesita de nuestro apoyo para seguir subsistiendo

y podemos iniciar siendo consientes con la manera que nos movemos a nuestras actividades cotidianas, el país acumula casi 12 años de experiencia en la industria del gas natural, y en los últimos dos años se ha presentado un crecimiento y expansión del 100 % del gas natural vehicular por lo que voltear a ver esta industria es actualmente una de las mejores opciones para reducir costos y ayudar el medio ambiente.

De acuerdo con datos de la Asociación Mexicana de Gas Natural Vehicular (2019), (tabla 3), solo 22 entidades federativas de las 32 de la Republica cuentan con acceso al gas natural comprimido (Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas). México tiene poco más de 45 estaciones de GNV, 47 talleres de conversión y alrededor de 25 mil unidades a gas natural vehicular. Ver tabla 2.2.

2.12 CASO DE ESTUDIO, ÁREA METROPOLITANA DE MONTERREY, AMM

El Área Metropolitana de Monterrey está conformada por nueve municipios del estado de Nuevo León; Apodaca, Escobedo, García, Guadalupe, Juárez, Monterrey, San Nicolas, San Pedro y Santa Catarina, todos constituyen la tercera conurbación más poblada de la República Mexicana; acorde con el más reciente conteo y delimitación social realizada en el año 2018, por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Consejo Nacional de Población y la Secretaria de Desarrollo Social del Gobierno Federal. Ver figura 2.4

En el AMM operan cerca de 12 mil unidades con GNV, sus principales usuarios son, empresas de taxis y flotas comerciales, vehículos particulares que realizan servicio de taxi, estos vehículos pueden ser dedicados o duales, abarcando

MERCADO DE ESTACIONES PUBLICAS GNV Y GNC EN MEXICO						
#	CIUDADES CON ESTACIONES DE GNV Y GNC	ESTACIONES ACTUALES GNV (Algunas operan y otras próximas)	TERMINALES DE CARGA DE GNC	NUEVAS ESTACIONES EN CONSTRUCCIÓN Y PERMISOS EN 2019	TOTAL DE ESTACIONES A FINALES 2019 (Operando o en proyectos)	Talleres de conversión 2019
1	AGUASCALIENTES	2		2	4	1
2	BAJA CALIFORNIA			2	2	
3	CDMX	3	1	6	10	5
4	CHIHUAHUA	4	1	1	6	2
5	COAHUILA			3	3	
6	DURANGO		1		1	
7	ESTADO DE MÉXICO	6		8	14	9
8	GUANAJUATO	2	2	3	7	1
9	HIDALGO	1		2	3	
10	JALISCO	5	3	6	14	7
11	MICHOACAN	3	1	5	9	3
12	MORELOS			1	1	
13	NUEVO LEON	8		8	16	9
14	PUEBLA	4	1	5	10	6
15	QUERETARO	5		4	9	3
16	SAN LUIS POTOSI		2	3	5	
17	SONORA		1	1	2	
18	TAMAULIPAS			1	1	
19	TLAXCALA	1	2	1	4	1
20	VERACRUZ	1	1	1	3	
21	YUCATAN		1	1	2	
22	ZACATECAS			1	1	
TOTAL		45	17	65	127	47






TABLA 2.2: Mercado de estaciones públicas de GNV

Fuente: (Asociación Mexicana de Gas Natural (2019))

De acuerdo con lo anterior se hizo énfasis en lo que supone que haga mas amena la lectura de las siguientes partes de esta tesis, la intención fue provocar y hacer hondar de manera global en las distintas tecnologías de combustibles para vehículos, así como en lo particular referente a lo que genera el gas natural dentro de sus diferentes facetas, sus principales usos y características.

CAPÍTULO 3

REVISIÓN DE LITERATURA

«Nada tiene tanto poder para ampliar la mente como la capacidad de investigar de forma sistemática y real todo lo que es susceptible de observación en la vida».

Marco Aurelio.

En relación con lo antes expuesto sobre la problemática encontrada y con base en los objetivos planteados de la presente tesis, se realizó la revisión de literatura, de acuerdo con los aspectos, definiciones, métodos y herramientas empleadas como parte del análisis y toma decisiones referentes y relacionadas a la localización de instalaciones, con la finalidad de segmentar, analizar y elegir la metodología adecuada para la solución de dicho trabajo.

En esta etapa se contemplaron y eligieron cerca de 40 artículos como los más importantes y pilares al tema en cuestión respecto a los más de 100 documentos revisados en bases de datos nacionales e internacionales siendo la principal la de la de la Universidad Autónoma de Nuevo León (lugar donde estudie). De igual forma se usaron múltiples motores de búsqueda, que con ayuda de ciertas palabras claves como; localización, modelos matemáticos, gas natural vehicular, ubicación, toma de decisiones, logística, cadena de suministro, entre otras dieron la pauta para la elección de la metodología propuesta en el siguiente capítulo. Por esta razón se describen brevemente algunos de los aspectos ya mencionados.

3.1 PROBLEMAS DE LOCALIZACIÓN

Mencionado por Weber (1909), los problemas de localización surgieron por la necesidad de encontrar los sitios más convenientes para ubicar instalaciones de servicios. Entonces la importancia del estudio de la localización de instalaciones que es vastamente aplicado en diversos contextos de nuestra sociedad.

El propósito de la localización consiste en elegir un sitio geográfico en el cual se realizarán operaciones de una determinada organización, en palabras de Bazaraa *et al.* (2004) es el proceso de elegir dentro de varios lugares geográficos la locación adecuada para realizar las operaciones de una empresa sopesando muchos factores cuando se evalúa la conveniencia de un sitio en particular, y son esos criterios de decisión sobre los cuales debemos considerar, priorizar y evaluar para obtener las mejores ubicaciones.

Por ende, se busca satisfacer las demandas de un grupo de clientes investigando dónde ubicar físicamente un conjunto de facilidades tomando en cuenta una serie de restricciones para seleccionar los sitios candidatos a instalar dentro de un conjunto optimo de facilidades optimizando alguna funcion objetivo. (Halle y Moberg, 2003) Entendiendo como facilidades la inclusión de entidades como hospitales, escuelas, gasolineras, puertos, colegios, almacenes, industrias, etc.

Esta situación ha generado una gran cantidad de estudios teóricos y prácticos aplicados, pero pocamente en el sector energético y aun menos en el ámbito de estaciones de repostaje de cualesquiera de los combustibles existentes aportando valor a la logística nacional ya que juega un papel muy importante ante las nuevas condiciones de alta competitividad en el mercado, lo que nos hace recordar el significado de lo que es la logística urbana; la cual es el arte para las ciudades urbanas, de operar el recorrido de los bienes que le conciernen, o mejor aún para conseguir los objetivos generales, dicho por; (Dagazno, 1994) y (Dufour, 1999).

Por consiguiente, las alternativas de localización de instalaciones pueden llegar a ser una de las decisiones más complejas e importantes necesarias para crear un diseño eficiente de la cadena de suministro a largo plazo, que toman en consideración los costos de instalación, operación y construcción que por lo general resultan ser de los más elevados.

De forma general se puede entender por cadena de suministro al ciclo de vida de un producto o servicio, desde que es concebido hasta que es consumido a manos del cliente otorgando un intercambio económico o intangible, según Chopra y Meindl (2005), las cadenas de suministros están conformadas por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en solicitud del cliente para su satisfacción e incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores, detallistas (o minoristas) e incluso a los mismos, y que dentro de esta secuencia se forman diversos eslabones en los que participan los actores antes mencionados trabajando en conjunto para satisfacer las necesidades del consumidor, llevando a cabo la importante e inminente logística de inicio a fin, que tiene dentro de tantas definiciones, el proceso de planificación, implementación y control de procedimientos para la eficiencia y efectividad del transporte y almacenamiento de bienes, incluidos servicios, e información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el objetivo de cumplir con los requisitos del cliente repercutiendo a fin de cuentas en las ventajas competitivas de las empresas. Tomando en cuenta que dicho proyecto abarco y beneficio a las cadenas de valor del gas, así como a logística urbana mejorando la movilidad del transporte, reduciendo costos de traslado y eficientizando el servicio ante el consumidor. Consejo de Profesionales de Gestión de la Cadena de Suministro (Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), 2019).

Por lo anterior, se determina la importancia de este trabajo, ya que se deben de presentar ubicaciones potenciales que satisfagan y abastezcan la demanda actual y futura de este combustible. Este dilema se presenta al momento de que

una empresa decide realizar la expansión de sus actividades comerciales para aumentar su mercado satisfaciendo así todas las necesidades de los consumidores del producto y/o cuando existe la creación de una nueva empresa. Es importante aclarar que la ubicación de alternativas no solo depende de la actividad económica de cada empresa sino de la parte ambiental política y social, por lo que la decisión no debe ser tomada de manera apresurada ya que acarrearía pérdidas al tomar una mala elección, debido a los diferentes factores cualitativos y cuantitativos de localización.

En este documento, se evaluarán ubicaciones estratégicamente colocadas en el área metropolitana de Monterrey Nuevo León, a través del uso de la metodología propuesta. Esto a su vez nos permitirá analizar los problemas de localización desde otra perspectiva con la finalidad de obtener un número de instalaciones posibles y la ubicación por zona de estas, esperando maximizar la cobertura y el valor del servicio entregado al consumidor final, al mismo tiempo de disminuir los costos logísticos de la organización con la ayuda y el esfuerzo en conjunto de una serie de procesos, compañías distintas y actores involucrados.

Dentro del estudio de localización es importante mencionar dos rubros involucrados los cuales son:

- Macro localización: la cual es la selección de la zona o región más adecuada para la industria en cuestión y evaluando las regiones que preliminarmente presenten ciertos atractivos y objetivos.
- Micro localización: la cual es la selección específica del terreno o sitio en donde se encuentra la región que haya sido evaluada como la más conveniente y acertada.

En ambos casos el procedimiento de análisis de localización abordará las fases de:

1. Análisis preliminar.

2. Búsqueda de alternativas de localización..
3. Evaluación de alternativas.
4. Selección de localización

3.2 LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES DESEABLES E INDESEABLES

Para la resolución de los problemas de localización óptima se partió inicialmente en que las instalaciones de servicios se pueden clasificar en dos grandes tipos: las instalaciones deseables y las no deseables. Las deseables, que son aquellas en las que prevalece la externalidad positiva como escuelas, hospitales, comercios, cines, etc. y las no deseables, en las que las externalidades negativas son prevalecientes, ejemplos claros son sobre todo, los lugares donde se procesan los residuos que la ciudadanía produce como los vertederos de residuos sólidos urbanos, centros de tratamiento de residuos industriales tanto tóxicos como peligrosos, los centros de readaptación para el tratamiento de personas con problemas; cárceles, centros contra la drogadicción, etc) o las propias centrales nucleares, gasolineras, estaciones de carga, etc.

Para entender parte de las instalaciones indeseables Bosque y Franco (1995) menciona que ante estas situaciones la población reacciona con protestas y oposición a qué estas se sitúen en sus proximidades; es decir, las instalaciones no deseables producen numerosas reacciones de la población.

A lo anterior dicho tema forma parte álgida de la investigación, por la situación de que se busca ubicar estaciones de servicio de gas natural y por ello cae en el rubro de las instalaciones no deseables. Por ello se delimito en la reserva bibliográfica mencionando aquellos proyectos, artículos, tesis, etc., que aportaron sustancialmente al desarrollo de la tesis en cuestión. Encontrando una amplia li-

teratura basada en distintas formas de esta cuestión, así que en este trabajo se analiza una parte de ella, al igual que un planteamiento metodológico revisando los Modelos de localización-asignación y técnicas de evaluación multicriterio (Barredo Cano, 1996) y (Barredo Cano, 1999), para su posterior elección.

Razón por la cual se abordarán los siguientes principios y procedimientos para la evaluación y selección de alternativas, toda ciencia emana de la existencia de problemas y del desarrollo de métodos y técnicas para abordar su resolución.

3.3 MÉTODOS Y HERRAMIENTAS

Los avances en el campo de la cadena de suministro y la logística a la par de la competitividad de las empresas han favorecido en el desarrollo, por parte de distintos autores en el uso de modelos matemáticos como apoyo a la toma de decisiones en cuanto a localización de instalaciones. De estos autores algunos han abordado dicha problemática de forma sencilla a llegar a situaciones complejas tanto en el uso de métodos y herramientas, por ello los métodos propuestos, de manera general, son agrupados en métodos exactos y heurísticos.

Los métodos exactos ofrecen una solución teóricamente óptima, solo que con la desventaja de que a la hora de modelar un problema se simplifique demasiado causando mermas en los resultados, y por otro lado, la representación del problema puede hacer tan complejo el modelo que no se llegue a la solución, sin embargo en la revisión de literatura se han usado y aplicado mucho estos casos en relación a la pertinencia de este trabajo, por lo contrario a los métodos heurísticos que es nulo su desarrollo dirigido a la instancias no deseables, se encontró que los heurísticos no garantizan encontrar la solución óptima según Ballou (2004), aunque muy frecuentemente se producen soluciones muy cercanas a la misma, y que es una la disciplina dedicada a la construcción de programas informáticos capaces de realizar trabajos inteligentes, con el objetivo de estudiar el comporta-

miento inteligente de los seres humanos y con ello hacer programas capaces de imitar dicho comportamiento. (Duda y Shortliffe, 1983)

Por tal motivo y con base a la premura, facilidad y flexibilidad de los métodos exactos, y de igual forma con los planeado dentro de los objetivos de dicha investigación como caso de estudio para su uso en campo por la empresa se opta por revisar a fondo los métodos exactos, agregando las técnicas multicriterio que permiten incorporar factores subjetivos y combinarlos con factores cuantitativos para mejorar la solución y hacerla más realista. (Machuca, 2020)

3.4 HERRAMIENTAS PARA LA TOMA DE DECISIONES

Por una parte, la importancia de que las empresas amplíen su cobertura y satisfagan a sus clientes, y por otra la necesidad de que los consumidores obtengan con mayor facilidad y beneficios los bienes o servicios ha provocado lo que comenta un cambio radical en las decisiones con un enfoque de optimización a uno multicriterio obteniendo soluciones directas en la forma de actuar del decisor.

En este caso las empresas recurren a métodos empíricos y sin bases, que con cierta experiencia del personal optan por dar un supuesto, lo cual no muestra el mejor resultado, aunque en ocasiones mínimas podría hacerlo, pero hoy en día es poco factible esta conjetura debido a los accioneros del mundo global.

3.5 EVALUACIÓN MULTICRITERIO

De acuerdo con Pietersen (2006), el objetivo primordial de la evaluación multicriterio (EMC) es ayudar al analista a determinar y elegir la mejor opción entre un número de instancias dentro de un entorno de aspectos y criterios en

competencia cuyos factores pueden ser de tipo económicos, ambientales, sociales, institucionales, técnicos y estéticos De Montis (2000); cuando las decisiones implican alcanzar varios objetivos o criterios, ellas se denominan decisiones multiobjetivo o decisiones multicriterio, respectivamente. (Elineema, 2002)

En referencia a Chakhar (2003), en su mayoría las técnicas de EMC presentan una primera etapa en la cual se diseña una matriz con los criterios y las alternativas sugeridas; la siguiente etapa consiste en la ponderación de los distintos criterios, con apoyo de algún procedimiento o alguna técnica de EMC específico, tomando en cuenta la preferencia de los expertos expresada en términos de pesos que serán asignados a los diferentes criterios siendo este procedimiento o técnica la que permita al decisor comparar entre las diferentes alternativas con base a los pesos obtenidos.

Para Romero y Rehman (1989), este tipo de investigación se basa en ciertos supuestos básicos; un supuesto primordial es que el experto busca optimizar un objetivo individual definido y que usualmente él está buscando una decisión óptima entre distintos objetivos, y que dentro de los cuales estos pueden estar en conflicto entre sí, por ello en este tipo de investigación operativa los economistas prefieren el uso de modelos rígidamente estructurados, (Johnson, 1984), sin embargo, cuando se trata de decisiones que deben tomar los analistas, especialmente de cobertura de riesgo, de expansión o de incertidumbre, suelen ser incapaces de considerar o interpretar adecuadamente los objetivos y metas de aquellos.

Según Tkach y Simonovic (1997), la evaluación de instancias mediante las técnicas multicriterio están basadas en valores de criterios asociados a cada alternativa junto con los objetivos y preferencias de los analistas, y que los criterios en cuestión pueden ser de naturaleza cuantitativa o cualitativa.

Como Bosque Sendra (2004) mencionan, las técnicas de EMC comprenden un variado conjunto de métodos matemáticos con una métrica precisa capaz de cumplir la validez de cada solución o de un conjunto de soluciones respecto a un

problema concreto. De manera que se valoran de forma independiente distintos criterios, aunque sean opuestos entre sí.

3.6 TÉCNICAS DE EVALUACIÓN MULTICRITERIO

Las técnicas de EMC han tenido su origen en las ciencias políticas y economía, pero uso se ha incorporado a los Sistemas de Información Geográficos (SIG). (Bosque Sendra, 2004) El uso más habitual que se le da con un SIG es para encontrar el mejor lugar o lugares para implementar algunas actividades humanas utilizando un gran número de criterios. (Barredo, 2000).

Cabe recalcar que según Gómez Delgado (2005), “El significado de “optimo” será preciso especificarlo en cada problema, pero de manera amplia se debe entender como la solución de máxima eficiencia espacial, mínimo costo ambiental y máximo grado de justicia espacial”.

De acuerdo con Tkach y Simonovic (1997), las técnicas multicriterio engloban una diversidad metodológica de modo que existen tres principales técnicas: a) de jerarquías o de ordenamiento; b) de utilidad multicriterio o multiatributo, y c) técnicas de programación matemática. Las primeras requieren de comparaciones pareadas entre instancias, y no son prácticas cuando el número de alternativas es grande; las segundas abordan modelos multiplicativos aditivos o simples para agregar o agrupar criterios que por ello no son adecuados para analizar sistemas complejos; las terceras se utilizan en un contexto para identificar soluciones muy cercanas a la solución ideal introduciendo la medida de la distancia en unidades métricas, Bocco (2002); éstas técnicas se desarrollaron en el enfoque de la programación lineal.

Según Toskano H. (2005), los principales métodos de evaluación y decisión multicriterio discreto son: Ponderación Lineal, Utilidad Multiatributo (MAUT), Relaciones de Superación y AHP.

3.7 MÉTODOS DE ANÁLISIS MULTICRITERIO

De acuerdo con Saaty (2008), el ser humano siempre está en constante búsqueda de resultados, por ello todos somos tomadores de decisiones tanto consciente o inconscientemente influyendo en el resultado final, sin embargo, al final del día no toda la información obtenida es útil ya que inclusive podríamos tener demasiada para tomar la mejor decisión y estropear el resultado del proceso.

Se entiende que la selección de la mejor alternativa es un problema de decisión y que debe obtenerse el mejor resultado bajo ciertos criterios de optimización y análisis de criterios con su respectiva metodología logrando combinar los distintos factores, objetivos, actores y escalas concernientes en el proceso de toma de decisiones, sin dejar de lado la calidad, confiabilidad y consenso en los resultados, formando una sinergia con base matemática. Para ilustrar en la tabla 3.1, se muestran métodos obtenidos de la literatura relacionados al planteamiento del problema, posteriormente se describió cada una de ellas.

3.7.1 MÉTODO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

Este método se basa en seleccionar la mejor ubicación de una alternativa con base a la localización geográfica de los puntos destino, el volumen enviado y el costo de transporte, es usado en gran parte para la localización de centros de distribución cuyo principal objetivo es minimizar los costos de envío asociados con la propia actividad de la empresa.

El método de centro de gravedad contempla que tanto los costos de transporte de entrada como de salida sean iguales, excluyendo los costos especiales de despacho. De cualquier modo es importante tener presente que para una correcta toma de decisiones sobre localización se debe averiguar y comparar los distintos resultados alcanzados por los diversos métodos existentes y no solamente quedar-

Métodos	Autores y año
Método del centro de gravedad	Bowersox, 1962.
Método de los factores cualitativos ponderados	Saaty, 1980.
Método AHP	Saaty, 1994.
Método de Brown y Gibson	Picazo, 2010.
Método de carga-distancia	Medina, 2004.
Método TOPSIS	Hwang & Yoong, 1981.
Método ELECTRE	Bernard Roy, 1966,
Método Delphi	Dalkey & Hermes 1963.
Método de Transporte	Hitchcock, 1941.
Modelo de Asignación	Lieberman & Hiller, 1996.
Modelo de localización óptima multiobjetivo	Sendra, 1995.
Modelos de cobertura	Buzai, 2011.
Geomarketing	Alcaide et al, 2012.
Sistema de información geográfica	Sendra, 2000.

TABLA 3.1: Métodos exactos más utilizados en la localización de instalaciones

se con un único resultado proveniente de un solo método.

3.7.2 MÉTODO DE FACTORES CUALITATIVOS PONDERADOS

El método por factores ponderados consiste en asignar factores cualitativos a una serie de factores que se consideran relevantes para la localización, intenta sustituir un valor monetario por una puntuación cuando es imposible la fijación de costos o el costo de tal operación resulte prohibitivo. Esto conduce a una comparación cuantitativa de diferentes sitios. El método permite ponderar factores de preferencia para el investigador al tomar la decisión. Se debe aplicar el siguiente procedimiento:

- Desarrollar una lista de factores relevantes.
- Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa (la sumatoria de los pesos debe de ser 1). El peso asignado depende del criterio del investigador.
- Fijar una escala a cada factor. Por lo general, de 0 a 10 puntos.
- Se debe evaluar y calificar cada factor multiplicando el peso asignado por la calificación dada, y realizar la sumatoria de esta alternativa.
- Se selecciona aquel sitio que haya obtenido la mayor puntuación.

Se deben de analizar los resultados y determinar una posible localización o varias de ellas a partir de la máxima puntuación acumulada. (Alba, 2010)

3.7.3 MÉTODO DEL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP)

Este proceso fue desarrollado por Saaty en 1990 y tiene relación con el método anterior, se destaca por la facilidad de solución que brinda a problemas propuestos, sus siglas en inglés son AHP – Analytical Hierarchy Process, y permite analizar factores que no se encuentran en una escala común y que intervienen para resolver problemas socioeconómicos, (Sekhar *et al.*, 2015) que facilita la toma de decisiones ayudando a hacer un juicio que incluye: objetivos, criterios, subcriterios y alternativas; sus etapas esenciales consisten en iniciar definiendo los criterios considerados para realizar la toma de decisiones y calificarlos y compararlos de forma pareada, colocando en una matriz el valor comprendido entre 9 (mucho más importante), 1 (igual de importante que) y 1/9 (mucho menos importante que), se determinan los pesos de los factores así como la relación de consistencia que debe ser menor o igual a 0,10 para que los valores asignados sean satisfactorios. En caso contrario, éstos deberán ser evaluados nuevamente. (Hervás, 2001)

Desde el aspecto geográfico la evaluación multicriterio, permite obtener un solo mapa de salida, aun cuando tengamos varias capas de entrada, y el AHP, nos permite decidir qué capas son las que contribuyen en la toma de decisiones para obtener ese único resultado final.

3.7.4 MÉTODO DE BROWN Y GIBSON

Este método trabaja de la mano con el método anterior de factores ponderados, ya que este pretende determinar la importancia, o el valor de peso de cada criterio a evaluar, a través de factores críticos, factores objetivos y factores subjetivos. (Baniandres *et al.*, 2017)

1. **Factores Críticos:** hacen referencia a aquellos que por su naturaleza impien

la ubicación de una instalación en un sitio particular, sin tomar en consideración las otras condiciones que puedan existir, por ejemplo: disponibilidad de servicios, disponibilidad de la mano de obra, disponibilidad de transporte o de medios de comunicación, disponibilidad de agua, etc.

2. **Factores Objetivos:** hacen referencia a aquellos que pueden ser evaluados en términos económicos; costo de transporte de materia prima, costo de transporte de productos terminados, costo de la mano de obra, costo de construcción e instalaciones, impuestos, etc.
3. **Factores Subjetivos:** hacen referencia a aquellos a los que sólo se les puede evaluar cualitativamente como lo son; disponibilidad de transporte y/o medios de comunicación, zonas industriales (costos, tamaño, lugar), facilidades de educación, vivienda, etc. Es importante mencionar que se pueden incluir los ejemplos mencionados en los factores críticos si no se consideran como tales.

3.7.5 MÉTODO DE CARGA-DISTANCIA

Este método facilita al decisor a determinar las localizaciones potenciales atractivas y compararlas entre sí, basada en términos de factores cuantitativos, cuyos factores se relacionan directamente con la distancia, la proximidad a los mercados, la distancia promedio a los clientes considerados como objetivo, la proximidad a los proveedores y los recursos, y la proximidad a otras instalaciones de la empresa. Lo primordial es seleccionar una alternativa que minimice el total, de las cargas ponderadas que entran y salen de la instalación cuya distancia o tiempo entre dos puntos se expresa anotando éstos datos sobre la cuadrícula de un mapa.

3.7.6 MÉTODO TOPSIS

Es una técnica de ordenación de preferencias similares a la solución ideal, basada en el concepto del ideal y del anti-ideal en la selección de alternativas, las cuales deben tener la distancia geométrica más corta de la solución ideal positiva (ideal) y la distancia geométrica más larga de la solución ideal negativa (anti-ideal), es decir que es deseable que una determinada instancia se localice a la distancia más corta respecto de una solución ideal positiva y a la mayor distancia respecto a una solución ideal negativa, de forma que la racionalidad de la conducta humana consiste en ubicarse lo más cerca posible de tal solución ideal y en alejarse lo más posible de una solución anti-ideal o ideal negativa.

3.7.7 MÉTODO ELECTRE

Este método abarca alrededor de 6 versiones, que contemplan una relación llamada de “superación” que representa las preferencias del experto sobre el conjunto de instancias, dada la información disponible, la cual facilita las comparaciones binarias entre alternativas asignando puntuaciones iniciales a los criterios de decisión, para aproximarlas al valor exacto que a veces es desconocido. Todo esto puede completarse con un análisis de consistencia o robustez, que otorgará mayor fiabilidad al modelo. Las comparaciones se efectúan por pares de alternativas y bajo cada uno de los criterios de decisión, y a partir de ellas se obtiene el grado de “dominancia” o “superación” de una alternativa respecto de otra. El resultado es la ponderación del conjunto de alternativas.

3.7.8 MÉTODO DELPHI

El objetivo de la técnica es lograr un consenso fiable entre las opiniones de un grupo de expertos, a través de una serie de cuestionarios iterativos que se responden anónimamente con retroalimentación controlada y experiencias relevantes de un tema en particular, se relaciona a temas complejos donde la información es crítica e indispensable y se requiera de interpretación intuitiva. Thanagaratinam y Gynaecologist (2011) menciona que es un cuestionario de preguntas abiertas distribuidas a un panel de expertos y líderes de opinión; posteriormente, las respuestas se analizan cualitativamente clasificando, categorizando y buscando temas comunes. Estas respuestas se editan y luego se utilizan para construir otro cuestionario; los siguientes cuestionamientos son más específicas, ya que se orientan a la calificación o clasificación analizados cuantitativamente, hasta su convergencia.

3.8 MÉTODO DE TRANSPORTE

Contempla un enfoque cuantitativo para la búsqueda de múltiples alternativas, se utiliza para seleccionar la asignación que minimice el costo hacia atender de una u otra instancia. Este método no resuelve todas las facetas del problema de localización de instalaciones múltiples, sino que identifica solamente el mejor patrón entre los sitios de demanda y oferta. El analista debe experimentar con diversas combinaciones de localización-capacidad y aplicar el método de transporte para encontrar la distribución óptima que corresponde a cada una.

3.9 MODELOS DE LOCALIZACIÓN-ASIGNACIÓN

Buzai (2011) redacta que son un conjunto de pasos y procedimientos matemáticos que buscan soluciones óptimas al problema de donde ubicar centros de servicio, de manera que impacten y beneficien ciertos valores, factores y criterios considerados importantes a la hora que los consumidores utilicen dichas instancias, por lo cual implica y requiere que se definan las magnitudes que son relevantes para el empleo de las instalaciones por los usuarios y posterior a ello formular una expresión matemática que contemple dichos criterios, de tal forma que el modelo obtenga un óptimo de su valor, mínimo o máximo, dependiendo del tipo de servicio a localizar.

3.10 MODELO DE LOCALIZACIÓN ÓPTIMA MULTIOBJETIVO

Son similares a los modelos de localización-asignación teniendo en cuenta que usan las mismas variables de decisión de optimización. La formulación multiobjetivo combina los costos económicos, con los sociales, a través de ponderadores. Los parámetros del modelo tienen que ver con volúmenes generados, costos de instalación, costos unitarios de transporte, capacidades y costos de devaluación del sitio, entre otros.

Según Antonio (1999) cabe situar que cada vez se fortalecen los modelos hacia la meta buscada, que estriba en identificar las mejores soluciones de ordenación espacial ante los problemas bien definidos, lo que implica que la generación de propuestas se ha de basar, explícita y fundamentalmente, en principios y criterios socialmente asumidos, lo cual supone un rasgo meritorio a destacar, puesto que las diversas soluciones podrán compararse y valorarse con nitidez (por ejemplo, cuantitativamente) en cuanto a su proximidad a la mejor opción o a algún escenario ideal.

Cabe desatacar que la localización óptima fue asociada a la asignación de demanda, de ahí la denominación *localización-asignación*. De este modo también fue posible valorar la cantidad de demanda potencial a “servir” en función del tamaño o posibilidades de atención que ofrece el servicio.

3.11 MODELOS DE COBERTURA

Se relacionan con el concepto de proximidad aceptable que en este caso es un valor máximo preestablecido por la distancia o el tiempo de viaje. El servicio es dado por un recurso ya si el cliente está localizado dentro de este máximo, por otra parte el cliente se considera como atendido por el servicio si tiene una instalación ubicada dentro de la distancia o tiempo permitido.

3.12 GEOMARKETING

Es el área de marketing orientada al conocimiento integral de los clientes, sus necesidades y comportamientos dentro de un espacio geográfico determinado. (Alcaide, 2012). El Geomarketing es una disciplina nueva y poco conocida por los expertos nacida de la mercadotecnia y la geografía, permite a los interesados visualizar estrategias de mercadotecnia y poner al descubierto aquellas localizaciones de mayor potencial en un negocio. Se define como el conjunto de técnicas que permiten analizar la realidad económico-social desde un punto de vista geográfico, a través de instrumentos cartográficos y herramientas de la estadística espacial, que recurre a bases de datos y programas informáticos, “sistemas de información geográfica, (SIG)” que permiten mediante un ordenador y la relación con su base de datos, representar cualquier tipo de información. (Pérez y Suarez-Meaney, 2009) Dentro del mundo de la distribución comercial, las técnicas de Geomarketing permiten abordar cuestiones críticas y habituales de este sector,

que no siempre son atendidas.

3.13 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El SIG es hardware, software, procedimientos y bases de datos que apoyan la toma de decisiones a través de adquisición, gestión, manipulación, análisis y visualización de referencias de información espaciales. (Church y Murray, 2008). La integración del modelado de ubicación con SIG permite el alojamiento de casi todas las restricciones geográficas, regulaciones internacionales y así permitir una mejor visualización de alternativas de ubicación. Muchos problemas de ubicación de la vida real pueden ser soportados a través del uso de esta integración. (Church y Murray, 2008). Por otra parte, proporciona un consistente marco de análisis para datos geográficamente referenciados (datos con coordenadas). (Al-Khuzami, 2011)

3.14 ELECCIÓN DEL MÉTODO (S)

Las decisiones de localización principalmente son de gran importancia, debido a que están condicionadas en el marco en el que se habrán de desarrollar las operaciones durante los siguientes años, influyendo de este modo en la eficiencia y eficacia de estas, resultando más frecuentes en nuestro país por la creciente internacionalización de las empresas y las principales tendencias que están afectando a este tipo de decisiones, dado que se deben ir adaptando a su entorno y que éste es cada vez más cambiante. La decisión de localización, a opinión de Ballou (2004), incluye cuestiones tales como la cantidad, la localización geográfica y el tamaño de las instalaciones.

Tanto para el sector privado como para el sector público es importante la ubicación óptima de sus instalaciones ya que provoca amplios beneficios tangi-

bles e intangibles, y que como se vio en el anterior capítulo existen múltiples métodos para localizar alternativas y ya dependerá de las metas y razones a las que quiera llegar el analista para obtener óptimos resultados.

Por ello, para elegirla es conveniente crear una metodología multifuncional adecuada que permita identificar, analizar y valorar distintas alternativas de forma sistematizada. Además, la mejor localización en la actualidad puede dejar de serlo en el futuro, pese a que los factores en los que se basa la decisión están sujetos a cambios. Toro *et al.* (2016) mencionan que los modelos matemáticos son usados frecuentemente en este tipo de problemas con restricciones y objetivos acordes, pero requieren de un conocimiento técnico avanzado, dicho lo anterior es un poco complicado al ser un aporte hacia la empresa, por ello se usará un modelo para identificar ciertos factores de la demanda y alternativas de ubicación, que con el apoyo de los métodos de análisis multicriterio se podrá resolver de forma acertada la situación y obtener un entregable adaptable y fácil de manejar. Los análisis multicriterio y los modelos de decisión otorgan un análisis equilibrado de todas las facetas de los problemas de planificación, particularmente debido a que varios efectos intangibles, como los sociales y las repercusiones ambientales pueden ser considerados cabalmente. (Eastin, 1978).

Conclusión del capítulo

La elección sobre localizaciones es de enorme interés por su impacto económico, mediático y social. El análisis para tomar decisiones sobre ubicaciones dispone de un modelo que refleje con adecuada precisión los deseos del decisor sobre eficiencia, equidad, etc.

Es de suma importancia el enfoque y estudio que la literatura científica, nacional e internacional, le da a la cadena de suministro y dentro de este el de la logística en el entorno empresarial actual. Dentro de la literatura nacional y extranjera no se encuentran muchos procedimientos similares al caso de estudio citado, se carece de limitación de información en la toma de decisiones hacia la

localización de instalaciones indeseables.

De todo lo anterior podemos concentrar la información relevante de algunos autores como se muestra en la tabla. (Ver tabla 3.2).

Cabe mencionar que dentro de este tipo de problemas autores como: Caiyun Bian, 2018 ha resuelto el problema de localización de estaciones de carga eléctricas mediante el uso de SIG y de la misma forma el encontrar la ubicación óptima para estaciones de carga públicas, Chun-Cheng Lin, 2018 por medio de AHP ha resuelto el problema de ubicar centros de construcción en Taiwan, Cheng-Chang Lin, 2018 mediante modelos exactos resolvió la ubicación de instalaciones de repostaje minimizando la desviación máxima de todos los conductores, Farshad Faezy Razi, 2018 utilizó AHP para optimizar la ubicación de centros de basura, finalmente Marjolein Veenstra, usando un modelo exacto resolvió la ubicación simultánea de instalaciones y enrutamiento de vehículos.

Resulta adecuado para esta tesis el uso del AHP, factores ponderados, Delphi con el apoyo de expertos y el uso de modelos de localización como soluciones exactas para la optimización de la localización de instalaciones, considerando la incertidumbre en la toma de decisiones.

Autores	Modelos exactos	AHP	SIG
Xiaohua Hao 2010		X	
Caiyun Bian 2018			X
Mumtaz Karatas, 2016	X		
Farshad Faezy Razi, 2018		X	
Sapan Kumar Das, 2017		X	
Abhishek Kumar, 2016		X	
Marjolein Veenstra, 2018	X		
Alejandro Bastías, 2009	X		
Yavuz Burak, 2005		X	
Masood A. Badri, 1998		X	
Caiyun Bian, 2018			X
Cengiz Kahraman, 2003		X	
Chun-Cheng Lin, 2018		X	
Maral Zafar Allahyari, 2017	X		
Syed Ali Naqi, 2012	X		
Cheng-Chang Lin, 2018	X		
Bosque Sendra, 2009			X

TABLA 3.2: Métodos en revisión de literatura

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

«Saber no es suficiente tenemos que aplicarlo. Tener voluntad no es suficiente, tenemos que implementarla».

Johann Wolfgang Goethe.

En el capítulo anterior realizamos un breve recorrido por los distintos tipos de modelos existentes, hemos analizado las ventajas y desventajas de estos, así como los diferentes trabajos en los que se han utilizado, particularmente hicimos una revisión bibliográfica relacionada a los métodos que contemplan a las localizaciones indeseables y trabajos similares que dentro de estas, se encontraban las estaciones de servicio. En general, la gran mayoría de trabajos hace uso del método de jerarquías analíticas, descrito por Saaty en 1980 y el método Delphi para una buena elección de expertos y analistas en dicho tema. Una importante cantidad de trabajos se apoya en sistemas de información geográfica por la facilidad que supone el manejo de datos geográficos mediante esta herramienta.

Luego de mencionar las diferentes herramientas con las que se pueden resolver los problemas de localización acorde a la revisión de literatura, se abordó el tema de la determinación y selección de qué método (s) sería el utilizado. Por

tal motivo en este capítulo se enlistaron por etapas los pasos a seguir en consideración para su aplicación en búsqueda de localización óptima de una o varias instalaciones no deseables, la cual fue una tarea compleja puesto que al tener muchas opciones se buscó la forma de hacerlo accesible, amigable y repetible hacia los expertos de la empresa, ya que la intención es realizar un entregable y la empresa pueda ejecutarlo de la forma más sencilla y económica posible.

Existen diferentes estrategias para dar solución al problema de localización de estaciones de gas natural comprimido en el Área Metropolitana de Monterrey, propusimos grosso modo una metodología de 4 pasos para llevar a cabo dicho estudio mostrado en la figura 4.1 que representan como se llevara a cabo la solución de la problemática y que conducirán al analista o al decisor a emitir un juicio, basado no solo en criterios cualitativos, sino también en criterios cuantitativos maximizando la rentabilidad del proyecto.

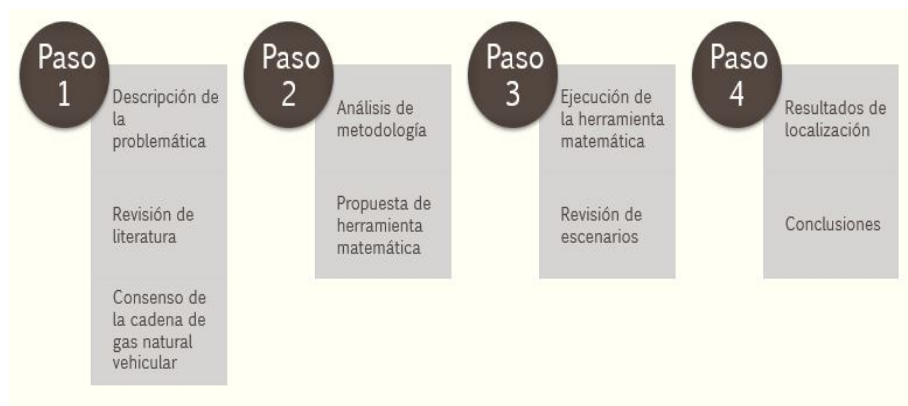


FIGURA 4.1: Diagrama general de 4 pasos

Fuente: Elaboración propia

4.1 PASO 1

Para este tipo de proyecto tendremos en cuenta el usar herramientas complementarias, que a través de este capítulo describiremos dicho procedimiento.

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA APLICADA PASO A PASO

Como se ha venido mencionando a lo largo de la tesis, específicamente en el capítulo 2 Antecedentes, la principal problemática es la búsqueda y cuantificación de estaciones de gas natural vehicular acordes a la demanda y factores específicos de las empresas privadas para poder ubicarlas en las mejores zonas del AMM.

4.1.2 REVISIÓN DE LITERATURA

Con el objetivo de resolver el problema científico planteado en esta investigación, y complementar lo visto en el capítulo 3 y el esquema 4.1 se construyó un diagrama, cuya estructura puede observarse en la figura 4.2, dentro de ella propusimos 2 etapas del proyecto; Análisis de la Demanda y Uso de la herramienta AHP respectivamente permitiendo sentar las bases teórico-prácticas del proceso de investigación. Para la elaboración de este se realizó un análisis crítico de la bibliografía y otras fuentes, como resultado se precisaron los principales aspectos conceptuales y de la práctica relacionados con el tema de investigación.

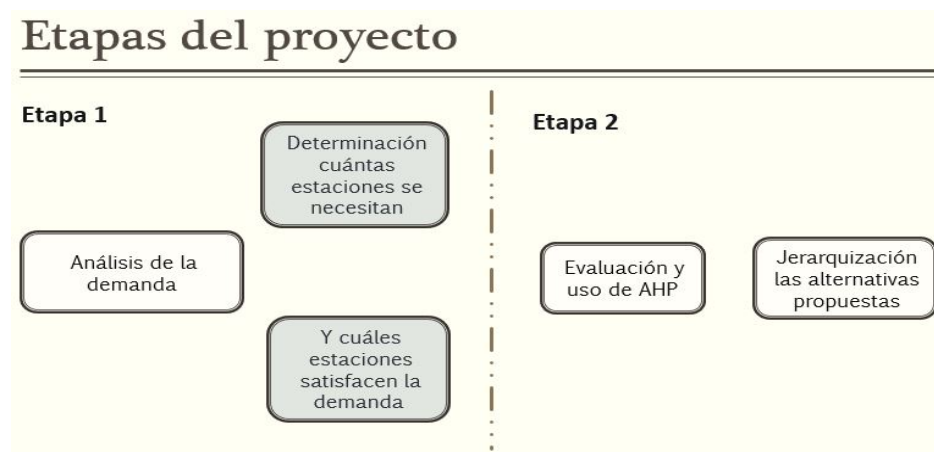


FIGURA 4.2: Etapas del Proyecto

Fuente: Elaboración propia 2020.

Por lo tanto en el capítulo 3 Revisión de literatura elegimos que la mejor forma de resolver el problema de ubicación de EDS de GNC fue mediante las herramientas del Proceso Analítico Jerárquico, factores ponderados, y el método Delphi para definir preferencias de acuerdo con el juicio de expertos así como el consenso de la cadena de valor de GNV para contemplar el comportamiento de la demanda vehicular en el Estado. De esta manera se dará solución al problema en cuestión. Por tanto, para alcanzar la resolución a este problema de localización es necesario apoyarnos en principios o criterios como señala Antonio (1999), así como del apoyo de los agentes de la cadena de valor de GNV que aporten información a esta investigación.

4.1.3 CONSENSO DE LA CADENA DE GAS NATURAL VEHICULAR

Contemplando a los integrantes de la cadena de valor del gas natural comprimido se realizaron encuestas dentro del Área Metropolitana de Monterrey que aportaron información cualificable y cuantificable para su posterior análisis.

Dentro de los apéndice se muestran los cuestionarios bases dirigidos a; estaciones de GNV (ver A), talleres de conversión (ver B), usuarios con servicio de gnv en su unidad motora (ver C), a los encargados (ver D), expertos y gerentes de la parte comercial y de expansión de las empresas de GNV en México que tienen afinidad a invertir en el estado de Nuevo León.

Como parte de la investigación se obtuvo una muestra para la ejecución del estudio de campo dirigido a los usuarios de GNV, en el AMM, se utilizó una técnica de muestreo sistemático, a fin de obtener el tamaño de la muestra que facilitará la toma de información y optimizará el costo del muestreo.

Este muestreo esta basado en seleccionar de una población organizada una serie aleatoriamente. En este caso el ancho del intervalo está definido por la relación existente entre el tamaño de la población y el tamaño de la muestra que será

sometida a estudio.

De esta manera cada k – enésimo elemento de la población puede ser aleatoriamente elegido (Mendenhall, 1987).

Se conoce por los registros del Área Metropolitana de Monterrey que hay alrededor de 12 mil taxis registradas (N) en el área conurbada. Para determinar el tamaño de la muestra (n) se utilizó la fórmula 4.1.

$$n = \frac{Npq}{(N-1)D + pq} \quad (4.1)$$

Donde p y q son, respectivamente, la probabilidad de que una persona conozca o no la conversión de vehículos a gas natural comprimido. Se escogió la fórmula para la estimación de la proporción poblacional haciendo énfasis en el conocimiento de los vehículos convertidos, dado que la investigación de campo busca describir la población de usuarios en el AMM sobre la base de la utilización de diferentes sistemas de combustión, y adicionalmente, en este caso se conoce el tamaño poblacional N . Para tener una muestra que abarque en mayor proporción el conocimiento de los vehículos convertidos, se tomarán, para los valores de p y q 0.5, respectivamente, es decir 50% de la población conoce de la conversión a GNV y el 50% no lo conoce. Este supuesto no corresponde a informaciones que puedan tener un alto valor de certeza, dado que no se hallaron estudios realizados a la población objetivo sobre la problemática tratada. Este hecho hará que el estudio incurra en un error sistemático que sólo afectará la selección del tamaño de la muestra. Para la validación de la información se tomó como admisible un error estadístico del 5% (B), para lo cual $D=B^2/4$, es decir, los resultados se tomarán como válidos con un nivel de confianza del 95%. Con estos datos se pudo estimar, una vez conocido el tamaño de la muestra, el ancho del intervalo de selección k para el muestreo sistemático. Por lo cual para la población usuarios de gas natural comprimido en el AMM se determinó un $k = 5$, lo cual garantiza el obtener una muestra aleatoria de tamaño n y así poder tener estimativos poblacionales que

permitan concluir sobre toda la población de usuarios.

Para la aplicación de este muestreo se realizó directamente en las 7 estaciones de repostaje de Nuevo León, ya que es ahí donde los usuarios se concentran y se encuentran estacionados por ciertos periodos de tiempo al esperar la carga de combustible.

Se realizaron 387 encuestas a los usuarios de gas natural vehicular en campo correspondientes al tamaño de la muestra del punto anterior, fueron aplicadas entre los meses de octubre y diciembre del 2019, y se distribuyeron homogéneamente en los 7 sitios seleccionados. Ver apéndice A.

En relación con las encuestas de talleres y estaciones se contemplaron en su totalidad los 14 y 7 respectivamente, así como para el muestreo de las empresas privadas fueron 4 de las más importantes del país. Ver apéndice B

4.2 PASO 2

4.2.1 ANÁLISIS DE METODOLOGÍA

Mediante el uso del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), factores ponderados y apoyados nuevamente en el método Delphi se obtuvo la evaluación y ponderación individual y conjunta de dichos criterios importantes para la jerarquización de alternativas.

4.2.2 PROPUESTA DE HERRAMIENTA MATEMÁTICA

Para la aplicación del método AHP se utilizó una herramienta automática de software en línea de acceso abierto llamada BPMSG, Business Performance Mana-

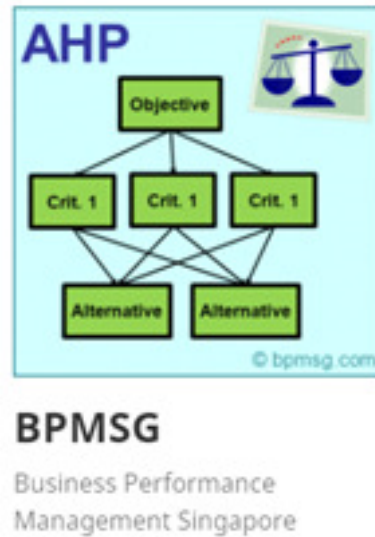


FIGURA 4.3: Aplicación BPMSG stands for Business Performance Management Singapore

Fuente: <https://bpmsg.com/>

gement Singapore, Goepel (2019), de la siguiente liga <https://bpmsg.com/ahp/>. Ver figura 4.3.

4.2.2.1 ETAPA 1: ANÁLISIS DE LA DEMANDA

- 1.-
- Representación y definición del problema: Con base a la problemática mencionada en 4.1.1 anteriormente procedimos a analizar la demanda del mercado revisando el historial de vehículos convertidos hasta el año 2019 con ayuda las encuestas aplicadas y la base de datos de cada taller de conversión. Ver apéndice B.
- Historial de la demanda: Se obtuvo la revisión de escenario actual y futuro del GNV, determinando la cantidad de EDS de GNC, así como la de cuantificar el número de estaciones requeridas a futuro.

- 2.-
 - Revisión del escenario actual y futuro: Para ello con datos del año 2019 en el AMM se tenían 14 talleres de conversión a GNV, cuantificando alrededor de 12 mil vehículos convertidos a GNV y aunado a que solo se contaban con 7 EDS que abastecían un rango de 1000 vehículos diarios por estación dentro de un turno de 12 hrs., que era el horario en el que estaban abiertas dichas estaciones, ver tabla 4.1, por lo tanto aproximadamente 5 mil usuarios se quedaban sin ser atendidos y recordando que esta tecnología va dirigida al transporte público donde diariamente recorren al menos 300 km y un tanque de GNC alcanza para 150 km, entonces los clientes tendrían la necesidad de cargar 2 veces por día, doblando de esta forma la demanda vehicular del mercado, es decir que simuladamente se tendrían entre 18 y 22 mil vehículos en el AMM. De lo cual podemos especular que estrictamente se requieren instalar al menos 7 EDS de GNV en el AMM para satisfacer el incremento de la demanda actual, ya que al no tener los usuarios donde recargar el tanque de su vehículo, se ven en la necesidad de continuar usando gasolina provocando una disminución en sus ganancias personales, sin mencionar la contaminación focalizada que causa el uso de este combustible entre otros factores desfavorables.
- 3.-
 - Determinación de la cantidad de estaciones de suministro de GNC actuales
Por lo antes mencionado se requiere urgentemente de al menos de 7 EDS de GNV que se encuentren en las mejores ubicaciones posibles a lo largo del AMM satisfaciendo a la demanda actual.
 - Previsión de la demanda
En este rubro contemplamos las variaciones de la demanda, para cuantificar el número de estaciones necesarias actuales y a futuro. Dentro de esta

Talleres	Vehículos
Taller1	300
Taller2	1500
Taller3	2500
Taller4	1500
Taller5	600
Taller6	500
Taller7	600
Taller8	400
Taller9	500
Taller10	600
Taller11	600
Taller12	600
Taller13	600
Taller14	400
Total	11200

Estaciones	Capacidad
Est1	1000
Est2	1000
Est3	1000
Est4	1000
Est5	1000
Est6	1000
Est7	1000
Total	7000

TABLA 4.1: Relación de talleres vs EDS de GNV

Fuente: Elaboracion propia 2019.

etapa nos basamos en la imagen 4.4 recordando que ya se ha mencionado la problemática del caso de estudio y el comportamiento de la demanda.

- 4.-
- Cuantificación del número de estaciones requeridas a futuro

Contemplando que el mercado continuará creciendo en relación porcentual entre un 30 y 40 por ciento de forma anual por el historial que tienen las empresas certificadoras y NGV (2018), se deberían estar construyendo entre 2 y 4 estaciones por año tomando en cuenta que dichos pronósticos continúen a la alza, sin embargo se deberá hacer un análisis más detallado para no caer en alteraciones y especulaciones, cosa que en esta tesis no se abarcará por fines que no están dentro de los objetivos planteados pero que se deja abierto para futuras investigaciones.

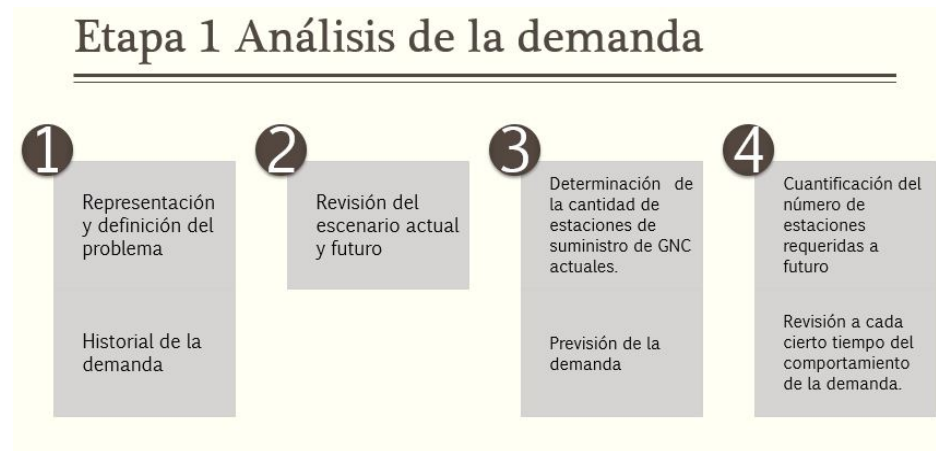


FIGURA 4.4: Análisis de la Demanda

Fuente: Elaboración propia 2020.

- Revisión a cada cierto tiempo del comportamiento de la demanda

Se sugiere que se haga una revisión y análisis por año para obtener el comportamiento de los usuarios con GNV, de esta manera crear un histórico de planeación de la demanda y tener un pronóstico acertado.

4.3 PASO 3

4.3.1 EJECUCIÓN DE LA HERRAMIENTA MATEMÁTICA

Se menciona el uso de AHP a través de la plataforma virtual 4.3.

4.3.2 ETAPA 2: AHP

- 1.- Etapa 1 Demanda

Esta etapa describe la demanda vista en 4.2.2.1, que es importante mencionarla en este paso puesto que si no se supiera el comportamiento de los

usuarios de GNV no sabíamos el número de EDS a tratar.

Una vez realizado el cálculo de número de instalaciones necesarias para cubrir la demanda de las diferentes zonas del Área Metropolitana de Monterrey se procedió a revisar con la empresas todas estas consideraciones, la dirección lo estimó conveniente, para adaptar la capacidad de la estación, estableciendo un plan de actuación y por ende juntar lo que ellos tenían contemplado junto con lo que nosotros proponíamos para obtener las mejores ubicaciones permitiendo una elección válida y justificada.

■ 2.- Evaluación de criterios

Habiendo contemplado la etapa anterior de la Demanda en 4.2.2.1 se procedió a la evaluación de criterios, sin embargo debemos tener en contexto diversas definiciones fundamentales y principales para estandarizar la evaluación y que todas las partes involucradas esten en sintonia, las cuales describo en el siguiente punto, posteriormente se describen los puntos señalados en la figura 4.5.

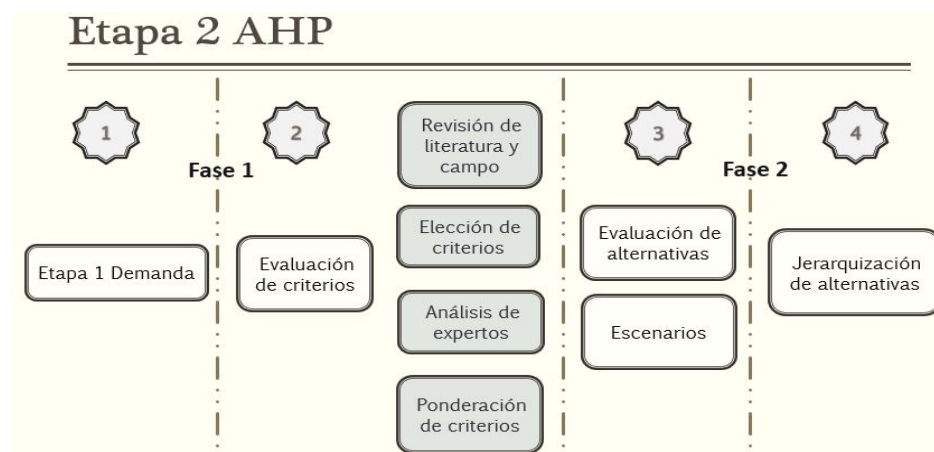


FIGURA 4.5: Uso del AHP

Fuente: Elaboración propia 2019.

1. Definiciones

1.1. La decisión es la elección de una o varias de las alternativas posibles para solucionar un problema.

- 1.2. Las alternativas son cada una de las soluciones posibles a un problema, dotadas de ventajas e inconvenientes diferentes.
- 1.3. Los factores son los aspectos que aumentan o disminuyen la valoración de una alternativa como solución al problema. (los factores pueden ser cuantitativos u ordinales).
- 1.4. Las restricciones que son los aspectos de la realidad que determinan que alternativas son válidas/aceptables y cuales no como solución al problema. (las restricciones son siempre binarias).
- 1.5. Por último y más importante en este contexto los criterios son los distintos aspectos de la realidad que inciden de alguna manera en las ventajas o inconvenientes de las alternativas disponibles como soluciones al problema, siendo parte fundamental en la evaluación multicriterio, según Eastman et al, (1993), un criterio es la base para la toma de una decisión, la que puede ser medida y evaluada, pueden ser de dos tipos: factores y limitantes, el primero es un criterio que realza o detracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración; por lo tanto debe ser medido en una escala continua, en cambio el criterio de tipo limitante restringe la disponibilidad de algunas alternativas en función de la actividad evaluada, en este caso podría decirse y por tratarse de un servicio si no existe red de gas natural se tendría que excluir o calificar distinta esa alternativa a pesar de haber mencionado que existen estaciones móviles de suministro de gas natural y de esta forma se podría suministrar GNC, sin embargo el objetivo de esta tesis se encamina a localizaciones fijas, por ello todos los criterios que se incluyan deben tener una representación espacial o de cobertura.

2.1 Revisión de literatura y de campo

En este caso se obtuvieron criterios y factores mediante dos vías, la primera fue por medio de la revisión de literatura cuidadosa y analítica conforme a las decisiones de localizaciones indeseables y la segunda directamente y extraídas del

cuestionario (ver apéndice F) hecho hacia los expertos en expansión de mercados de las empresas privadas y especialistas en localización de instalaciones.

■ Revisión de Literatura

En este paso se contemplaron cerca de 40 artículos científicos, tesis y algunos documentos de investigación relacionados con factores y criterios en la toma de decisiones para determinar localizaciones. Se exponen los criterios mencionados en las tablas 4.3.2, 4.3.2 y 4.3.2, siendo los más comunes y repetidos por los autores, proponiendo una agrupación de los factores (criterios) y sus criterios (subcriterios) relacionados.

Clasificación de factores y /o atributos de acuerdo con la literatura consultada

Factores	Criterios generales
Costos	Costo del material Costo de demanda Costo de instalación Costo de combustible Costo del terreno Costo mano de obra
Conectividad	Proximidad entre servicios Enrutamiento Red de servicios Coordenadas de diferentes plantas
Tiempo	Tiempo de planificación

TABLA 4.2: Tabla 1 criterios de literatura

Fuente: Elaboración propia obtenida de literatura 2019.

Dentro de cada grupo se clasificaron los criterios conforme a los aportes de los diferentes autores consultados y se analiza la frecuencia observada por criterio calculándose el porcentaje en que los autores hacen referencia a los diferentes factores incidentes en las decisiones de localización indeseables. Ver figura 4.6.

Clasificación de factores y /o atributos de acuerdo con la literatura consultada

Factores	Criterios generales
Servicios	Calidad de vida de la locación Impacto local Datos demográficos Ambiente saludable Disponibilidad de recursos (agua, luz, gas, etc.)
Seguridad	Seguro Confiabilidad del servicio Factores de seguridad
Consideraciones ambientales	Posibilidad de desprenderse de desechos Condiciones climáticas de la locación Contaminación Proximidad a buenas instalaciones sanitarias Instalaciones 3R Cantidad de desperdicio producido

TABLA 4.3: Tabla 2 criterios de literatura

Fuente: Elaboración propia obtenida de literatura 2019.

Como se observa en la figura 4.6, el 29 % de los autores consideraron factores relacionados con los costos, el 13 % factores relacionados con la conectividad, el 12 % a asuntos políticos y reglamentarios, el tema de servicios y de consideraciones ambientales ambos con 11 %, respecto a la demanda del mercado 9 %, 6 % al terreno, 5 % al tiempo, seguridad con 2 % y finalmente los factores de mano de obra con 2 %. Se observa que la decisión de localización de ubicaciones sigue estando muy ligada a modelaciones de tipo económico sin tener en cuenta factores de otro tipo.

En esta contribución se clasifican los criterios en 10 grupos de acuerdo con: costos, conectividad, tiempo, servicios, seguridad, consideraciones ambientales, asuntos políticos y reglamentarios, terreno, mano de obra y finalmente

Clasificación de factores y /o atributos de acuerdo con la literatura consultada

Factores	Criterios generales
Asuntos políticos y legales	Características de la locación cumplan con los requerimientos (legalmente) Inflación Impuestos Compromiso de inversión pública Precio que empresa paga por el insumo
Terreno	Resistencia del suelo Área del terreno Disponibilidad del terreno
Mano de obra	Capacitación de mano de obra Disponibilidad de mano de obra
Demanda del mercado	Capacidad de la locación para producto Variación de la demanda Estimación de beneficios obtenidos al implementar el establecimiento (ingresos)

TABLA 4.4: Tabla 3 criterios de literatura

Fuente: Elaboración propia obtenida de literatura 2019.

demanda del mercado. Dentro de cada grupo se clasifican criterios de acuerdo con los aportes de los diferentes autores consultados y se analiza la frecuencia observada por criterio calculándose el porcentaje en que los autores hacen referencia a los diferentes factores incidentes en las decisiones de localización. Ver tablas 4.3.2, 4.3.2 y 4.3.2.

- Revisión de campo

Para este caso fue importante mencionar como se realizó dicho procedimiento lo cual se describió a continuación;

- Perfil del encuestado: Cabe mencionar que los expertos debían poseer conoci-

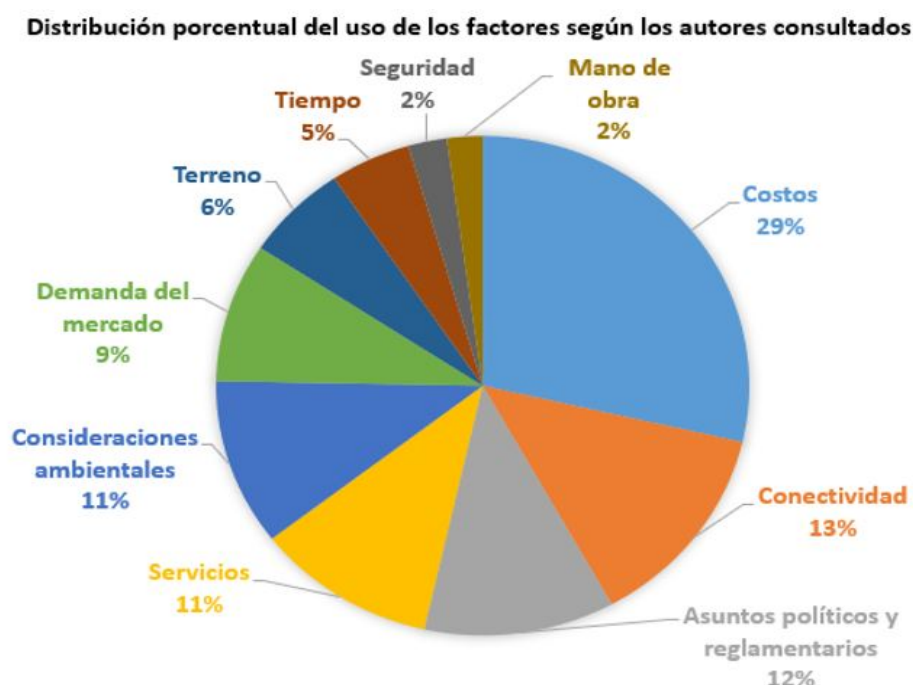


FIGURA 4.6: Distribución porcentual por factores observada de los autores consultados

Fuente: Elaboración propia con base a literatura (2019).

miento amplio sobre el problema y los aspectos que influyen sobre el mismo, se debía entonces formular una serie de criterios, para tener en cuenta al momento de emitir un juicio con respecto a la ubicación de EDS de GNC.

- Homogenizar, homologar, identificar y relacionar ambos resultados de literatura y de campo para obtener los mejores criterios de localización, de acuerdo con la importancia de los expertos y frecuencia de repetición de criterios mencionados por los diversos autores de literatura.
- Selección de expertos Para este rubro se usó el método Delphi que como ya se mencionó en el capítulo anterior es una metodología estructurada que recolecte sistemáticamente juicios intuitivos de expertos sobre un problema permitiendo una iteración durante la investigación de las apreciaciones individuales de los expertos, (Manrique-Tisnés y Correa, 2019). Al seleccionar a los expertos ellos deben ubicarse en diversas áreas o sectores de los organismos

no gubernamentales, del sector privado, de organismos internacionales, de la academia, entre otros. Se parte de que deben tener cierta afinidad. formación, experiencia, así como conocimiento y dominio sobre el asunto a tratar.

■ ¿Cuántos expertos se necesitan?

La calidad de los resultados depende, sobre todo, del cuidado que se ponga en la elaboración del cuestionario y en la elección de los expertos consultados, su composición exacta es crucial ya que puede afectar los resultados obtenidos. Para conformarlo es importante decidir y fundamentar el número de participantes que se requiere consultar, algunos autores argumentan que un rango entre 3 y 30 personas es suficiente, (Rowe y Wright, 2001), de igual forma se puede calcular una muestra, a partir de la expresión (N) anterior solo adaptándola a estas condiciones, no se usó ya que son alrededor de 15 empresas en este sector y al menos la mitad busca y tiene inversión dentro del estado de Nuevo León, de otra manera no existe regla al respecto a tener una cantidad de analistas, sin embargo si está relacionado con el tipo de información a recabar, antiguos estudios realizados por la Rand Corporation informan que al tener un mínimo de cinco expertos aumentaríamos el error de los dato, es decir por cada experto añadido el error disminuye notablemente, depende además de la disponibilidad de posibles sujetos a considerar expertos y está en relación con lo más o menos inexplorado por la ciencia o la profesión del asunto a investigar, (López-Gómez, 2018). Por tanto, se seleccionaron los miembros del equipo de expertos, los cuales serían los analistas de las empresas de gas natural y aquellos con conocimientos de la disciplina de logística específicamente del tema de localización de instalaciones, así como de matemática aplicada de la Maestría en logística y cadena de suministro de la UANL. Se recurrió a formar un grupo de 6 expertos con el siguiente perfil:

- Experto 1: director general de empresa privada de gas natural comprimido, cuanta con más de 35 años de experiencia en el sector y 10 años enfocado a la parte de estaciones de servicio de gas natural en el país.
- Experto 2: especialista de mercado de empresa privada, dedicado a la ex-

pansión de estaciones de repostaje gas natural México desde hace más de 5 años.

- Experto 3: especialista técnico de desarrollo estratégico, cuenta con 7 años de experiencia en el sector y dentro de la empresa ha tenido el objetivo de ampliar la red de gasineras en el estado de Nuevo León.
 - Experto 4: gerente regional de empresa privada de gas natural comprimido, analista en búsqueda de la expansión de redes de estación de servicio GNV en el país desde hace más de 8 años.
 - Experto 5: profesor de tiempo completo desde hace más de 35 años de la Maestría en Logística y Cadena de Suministro por parte de la Universidad Autónoma de Nuevo León, especialista en el área de expansión de proyectos respecto a su ubicación.
 - Experto 6: director de operaciones en el área de GNV, cuenta con más de 15 años dedicados a la ampliación y vinculación de mercados en este sector.
- Aplicación de cuestionarios a expertos Hernández (2011) definieron la confiabilidad como el grado en que la aplicación repetida de un instrumento arroja resultados similares, y la validez como el grado en que el instrumento realmente mide la variable en estudio. Por tal motivo, el diseño de la encuesta fue validado mediante consulta a expertos. Ver apéndices E y F

Se les realizaron 3 rondas de encuestas de forma personalizada:

1. La primera encuesta (ver apéndiceD), fue un sondeo a grandes rasgos de las necesidades y consideraciones particulares de la empresa a la hora de ampliar y construir una estación de servicio de gas natural, así como los factores y criterios que toman en cuenta para su expansión que se observan en el listado de la tabla 4.5.
2. La segunda ronda fue el análisis, compendio y mezcla de criterios consultados tanto en la literatura como en la de los expertos, se mencionan los

Tabla de criterios general de los expertos	
1. Disponibilidad de gas natural	2. Demanda del mercado
3. Cobertura del mercado	4. Proximidad con otros servicios
5. Regulaciones políticas y ambientales	6. Disponibilidad de terreno
7. Competencia de otras empresas	8. Nivel socioeconómico poblacional
9. Costos generales	

TABLA 4.5: Criterios obtenidos de los expertos

Fuente: Elaboración propia 2019.

criterios generales a continuación. Ver tabla 4.6

Por otra parte, se debe tomar en cuenta los distintos puntos de vista que muestran diferentes grupos de interés, como pueden ser inversionistas, empresarios, expertos en localización, gerentes de expansión de unidades, organismos públicos, o sociedad entre otros. (Passuello *et al.*, 2012).

Para este caso se realizó a través de la encuesta (E) con ayuda del método Delphi por experto, se hizo la cuantificación de entrevistados cuyo resultado a encuestar fue de 6 analistas.

Del análisis anterior de criterios se tomaron los 9 criterios seleccionados que usaremos para esta investigación, tabla 4.7, y para su ponderación se aplicó la evaluación a los mismos expertos contemplados anteriormente en el método Delphi. Los criterios seleccionados fueron los más influyentes e importantes para localizar estaciones de servicio de gas natural vehicular.

De esta manera se obtuvieron los 9 criterios a tomar en cuenta para la evaluación del AHP y jerarquizar las alternativas. Ver tabla 4.7.

Tabla general de criterios de literatura y de campo	
1. Disponibilidad de recursos (agua, luz, gas, etc).	2. Costos; laboral, de combustible, del terreno, de mantenimiento, de transportación, de instalación.
3. Proximidad entre servicios.	4. Demanda del mercado.
5. Capacidad e ingresos.	6. Disponibilidad de terreno.
7. Seguridad.	8. Tiempo de planificación.
9. Condiciones climáticas de la locación.	10. Aspectos políticos y legales de la locación.
11. Presencia de otras empresas en la zona.	12. Aspectos ambientales.
13. Cobertura.	14. Calidad de vida de la locación.
15. Confiabilidad del servicio.	16. Incentivos y beneficios fiscales.
17. Enrutamiento y conectividad.	18. Impacto local.
19. Restricciones operacionales.	20. Nivel socioeconómico.

TABLA 4.6: Criterios de literatura y de expertos

Fuente: Elaboración propia 2019.

2.2 Elección de criterios

A la hora de elegir los criterios a utilizar en el modelo seleccionado para la evaluación de alternativas, se debe tener en consideración aquellos factores que influyen en la actividad propuesta. El proceso de selección de la localización debe ser gradual y sistemático, estrechando progresivamente las posibilidades hasta determinar la ubicación final. Es preciso determinar cuál es el país, región ciudad, y lugar en el que se emplaza una instalación, ya que aquellos factores brindarán la mejor información posible respecto a las potencialidades del territorio a evaluar en función de sus condiciones y recursos. (Camara y Labrada, 2014).

Finalmente, se obtuvo la prevalencia de los datos que fue la elección absoluta de los criterios relevantes a partir de los dos puntos anteriores concluyendo

Tabla de criterios a evaluar
1. Disponibilidad de ductos de gas natural.
2. Demanda de clientes con GNV.
3. Disponibilidad de estaciones de GNC.
4. Proximidad con otros servicios.
5. Disponibilidad de terreno.
6. Consideraciones legales y gubernamentales.
7. Regulaciones ambientales y de seguridad.
8. Costos fijos y variables.
9. Conectividad con clientes nuevos.

TABLA 4.7: Criterios absolutos tomados en cuenta para evaluacion AHP

Fuente: elaboración propia 2019.

en la selección de 9 criterios cuantitativos y cualitativos (Ver tabla 4.7), para la búsqueda de ubicaciones de dicho sector de la presente tesis (se destaca que en algún momento estos criterios podrían cambiar conforme vaya pasando el tiempo y hayan cambiado los objetivos principales hacia la toma de decisiones de localizaciones).

2.3 Análisis de expertos

Para esta parte se tomo en cuenta la información brindada y evaluada por los 6 expertos antes descritos y así obtener de forma general el nivel de importancia de los 9 criterios mostrada en la tabla 4.8 de esta manera se describe a grandes rasgos la definición de cada criterio mostrado para su posterior aplicación dentro del método AHP y queno se llegará a incurrir en dudas respecto a su descripción ante los analistas. Es importante mencionar que la neurociencia recomienda que el ser humano puede comparar y calificar entre 3 y 11 criterios ya que podría llegar a saturar y fatigar al cerebro de información provocando una mala evaluación, por ende, un error en la investigación.(Martínez, 1996) y (Martínez, 2006).

Criterios	Definición
1. Disponibilidad de ductos de gas natural.	La ubicación cuenta con redes de gas natural o está a menos de 2 km para su conexión al ducto.
2. Demanda de clientes con GNV.	La ubicación cuenta con clientes que usan el gas natural vehicular y sigue en crecimiento.
3. Disponibilidad de estaciones de GNC.	La ubicación cuenta con estaciones que surten gas natural comprimido.
4. Proximidad con otros servicios.	La ubicación cuenta con seguridad pública, entidades bancarias, zonas habitacionales, plazas comerciales, centros de salud, escuelas, etc.
5. Disponibilidad de terreno.	La ubicación cuenta con disponibilidad de terrenos acordes para una estación de servicio de gas natural vehicular.
6. Consideraciones legales y gubernamentales.	La ubicación requiere documentos tanto legales como gubernamentales para su construcción.
7. Regulaciones ambientales y de seguridad.	La ubicación requiere documentos tanto ambientales como de seguridad.
8. Costos fijos y variables.	Se refiere a los costos de la ubicación o causados por instalación, mano de obra, equipos, terreno, etc.
9. Conectividad con clientes nuevos.	La ubicación cuenta con el potencial para construir estaciones y convertir vehículos a GN.

TABLA 4.8: Criterios específicos seleccionados para su evaluación con su respectiva definición

Fuente: Elaboración propia 2019.

Calificación de criterios

El objetivo de este paso es otorgarle un valor o ponderación a cada criterio, se busca la importancia y jerarquización de criterios con base a su evaluación definida y aplicada hacia los expertos, (Sullivan y Watkins, 1999). Se toma como base para su calificación y comparación de criterios la siguiente escala del 1 al 9 propuesta por Saaty (2008).

Escala fundamental de comparación por pares (Saaty, 1980)

1- Igual importancia

3- Moderadamente más importante

5- Fuertemente más importante

7- Muy fuertemente más importante

9- Extremadamente más importante

Los valores 2,4,6,8 son valores intermedios a los anteriores cuando es necesario matizar.

Para este caso se muestra la imagen 4.7 a través de la plataforma BPMSG de los 9 criterios a evaluar así como la forma de como calificar y evaluar los mismos en la imagen 4.8, de manera individual por cada experto respecto su importancia personal.

Comparación de criterios

Una vez establecida la escala, se procedió a calificar de forma individual los criterios obteniendo 36 pares de comparación como se observa en la imagen 4.8, en esta se aprecia una parte de como el experto selecciona el criterio que considera más importante y su pertinente calificación respecto al otro criterio.

Aquí es fundamental recordarle al analista los objetivos del proyecto que

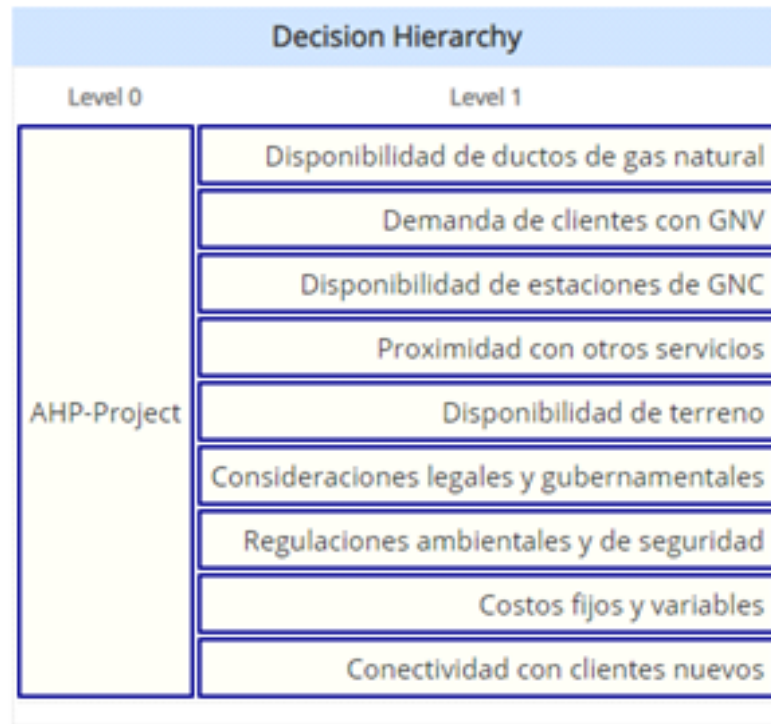


FIGURA 4.7: Jerarquía de decisión, este modelo cuenta con 9 niveles.

Fuente: BPMSG con información propia 2019.

influirían directamente en la calificación de ellos de forma significativa, eliminando errores en la consistencia de los datos, esto es, cumplir con una correcta comparación de criterios.

Análisis de Concordancia

El análisis de concordancia aplica tanto para los criterios como para las ubicaciones, indica el grado de dominancia de una alternativa o grupo de alternativas a través del uso de diversas y sencillas funciones matemáticas que posibilitan la existencia de incomparabilidades en la evaluación. Dado su carácter no compensatorio, no se admiten los intercambios o compensaciones de un criterio respecto de otro para cada elección individual. El análisis de concordancia está reconocido como un modelo de decisión multicriterio de naturaleza no-compensatoria, analiza tanto el grado de concordancia, como el de discordancia, es decir el grado en el que las ponderaciones que reflejan las preferencias están de acuerdo con la

Evaluation of Criteria for AHP-Project

Pairwise Comparison AHP-Project

36 pairwise comparison(s). Please do the pairwise comparison of all criteria. When completed, click *Check Consistency* to get the priorities.

AHP Scale: 1- Equal Importance, 3- Moderate importance, 5- Strong importance, 7- Very strong importance, 9- Extreme importance (2,4,6,8 values in-between).

With respect to *AHP-Project*, which criterion is more important, and how much more on a scale 1 to 9?

A - wrt AHP-Project - or B?		Equal	How much more?
1	Disponibilidad de ductos de gas natural	Demanda de clientes con GNV	1 2 3 4 5 6 7 8 9
2	Disponibilidad de ductos de gas natural	Disponibilidad de estaciones de GNC	1 2 3 4 5 6 7 8 9
3	Disponibilidad de ductos de gas natural	Proximidad con otros servicios	1 2 3 4 5 6 7 8 9
4	Disponibilidad de ductos de gas natural	Disponibilidad de terreno	1 2 3 4 5 6 7 8 9
5	Disponibilidad de ductos de gas natural	Consideraciones legales y gubernamentales	1 2 3 4 5 6 7 8 9
6	Disponibilidad de ductos de gas natural	Regulaciones ambientales y de seguridad	1 2 3 4 5 6 7 8 9
7	Disponibilidad de ductos de gas natural	Costos fijos y variables	1 2 3 4 5 6 7 8 9
8	Disponibilidad de ductos de gas natural	Conectividad con clientes nuevos	1 2 3 4 5 6 7 8 9

FIGURA 4.8: Comparación y calificación por pares

Fuente: BPMSG con información propia 2019.

relación binaria de dominación, y el grado en el cual las evaluaciones ponderadas difieren entre sí.

Construcción de matrices

Una vez que los expertos contestaron la tabla de comparación de criterios 4.8 se obtiene una matriz, en este caso el programa arroja la matriz individual en automático 4.9 por cada uno de los expertos, se destaca que dentro de esta evaluación se obtuvo un consenso moderado del 74.2%, un índice de consistencia de 1.7% considerándolo como razonable y aceptable estando por debajo del 10% como lo marca la literatura. En caso de que el índice de consistencia este por arriba del 10% se debe verificar y hacer correcciones individualmente por el experto que haya causado inconsistencia, es decir volver a aplicar el paso anterior.

Matrices por parte de los 6 expertos en ponderación de criterios

Experto 1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0.33	0.20	3.00	3.00	5.00	9.00	9.00	9.00
2	3.00	1	1.00	3.00	3.00	9.00	9.00	9.00	9.00
3	5.00	1.00	1	3.00	7.00	9.00	9.00	9.00	9.00
4	0.33	0.33	0.33	1	0.33	0.33	0.33	3.00	3.00
5	0.33	0.33	0.14	3.00	1	1.00	3.00	5.00	3.00
6	0.20	0.11	0.11	3.00	1.00	1	1.00	3.00	3.00
7	0.11	0.11	0.11	3.00	0.33	1.00	1	3.00	3.00
8	0.11	0.11	0.11	0.33	0.30	0.33	0.33	1	1.00
9	0.11	0.11	0.11	0.33	0.33	0.33	0.33	1.00	1

Experto 2									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2.00	3.00	7.00	7.00	7.00	5.00	3.00	5.00
2	0.50	1	3.00	4.00	9.00	0.00	7.00	1.00	5.00
3	0.33	0.33	1	0.33	3.00	7.00	5.00	0.33	3.00
4	0.14	0.25	3.00	1	3.00	7.00	5.00	0.33	7.00
5	0.14	0.11	0.33	0.33	1	3.00	3.00	0.11	3.00
6	0.14	0.11	0.14	0.14	0.33	1	1.00	0.14	0.33
7	0.20	0.14	0.20	0.20	0.33	1.00	1	0.20	0.33
8	0.33	1.00	3.00	3.00	9.00	7.00	5.00	1	7.00
9	0.20	0.20	0.33	0.14	0.33	3.00	3.00	0.14	1

Experto 3									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	3.00	5.00	7.00	7.00	7.00	5.00	9.00	3.00
2	0.33	1	3.00	7.00	5.00	3.00	3.00	3.00	3.00
3	0.20	0.33	1	3.00	0.33	3.00	3.00	3.00	0.33
4	0.14	0.14	0.33	1	0.33	1.00	0.33	1.00	0.33
5	0.14	0.20	3.00	3.00	1	3.00	3.00	3.00	0.33
6	0.14	0.33	0.33	1.00	0.33	1	1.00	2.00	0.14
7	0.20	0.33	0.33	3.00	0.33	1.00	1	1.00	0.17
8	0.11	0.33	0.33	1.00	0.33	0.50	0.33	1	0.33
9	0.33	0.33	3.00	3.00	3.00	7.00	6.00	3.00	1

Experto 4									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1.00	3.00	9.00	7.00	7.00	3.00	7.00	7.00
2	1.00	1	1.00	7.00	7.00	3.00	3.00	7.00	9.00
3	0.33	0.33	1	3.00	3.00	3.00	3.00	7.00	7.00
4	0.11	0.14	0.33	1	0.33	0.33	0.20	3.00	3.00
5	0.14	0.14	0.33	3.00	1	0.33	0.33	1.00	7.00
6	0.14	0.33	0.33	3.00	3.00	1	1.00	7.00	7.00
7	0.33	0.33	0.33	5.00	3.00	1.00	1	7.00	7.00
8	0.14	0.14	0.14	0.33	0.33	0.14	0.14	1	3.00
9	0.14	0.11	0.14	0.33	0.14	0.14	0.14	0.33	1

Experto 5									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1.00	5.00	5.00	9.00	5.00	5.00	9.00	9.00
2	1.00	1	1.00	3.00	5.00	3.00	3.00	7.00	7.00
3	0.20	1.00	1	5.00	7.00	1.00	1.00	7.00	7.00
4	0.20	0.33	0.20	1	0.33	0.20	0.20	3.00	1.00
5	0.11	0.20	0.14	3.00	1	0.14	0.11	3.00	3.00
6	0.20	0.33	1.00	5.00	7.00	1	0.33	7.00	7.00
7	0.20	0.33	1.00	5.00	9.00	3.00	1	7.00	7.00
8	0.11	0.14	0.14	0.33	0.33	0.14	0.14	1	1.00
9	0.11	0.14	0.14	7.00	0.33	0.14	0.14	1.00	1

Experto 6									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	3.00	7.00	7.00	9.00	3.00	3.00	9.00	9.00
2	0.33	1	7.00	7.00	5.00	5.00	5.00	9.00	7.00
3	0.14	0.14	1	3.00	5.00	1.00	1.00	3.00	3.00
4	0.14	0.14	0.33	1	3.00	1.00	1.00	3.00	3.00
5	0.11	0.20	0.20	0.33	1	0.14	0.14	3.00	1.00
6	0.33	0.20	1.00	1.00	7.00	1	1.00	7.00	7.00
7	0.33	0.20	1.00	1.00	7.00	1.00	1	7.00	7.00
8	0.11	0.11	0.33	0.33	0.33	0.14	0.14	1	1.00
9	0.11	0.14	0.33	0.33	1.00	0.14	0.14	1.00	1

FIGURA 4.9: Resultado de los 6 expertos, matriz comparacion por pares

Fuente: BPMSG con información propia 2019.

Matriz consolidada general									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1.35	2.61	5.99	6.61	5.43	4.65	7.19	6.52
2	0.74	1	2.40	4.81	5.36	4.71	4.52	4.78	6.25
3	0.38	0.42	1	2.26	3.00	2.88	2.72	3.31	3.31
4	0.17	0.21	0.44	1	0.69	0.73	0.53	1.73	1.99
5	0.15	0.19	0.33	1.44	1	0.63	0.72	1.89	1.99
6	0.18	0.21	0.35	1.36	1.59	1	0.83	2.58	1.91
7	0.21	0.22	0.37	1.89	1.38	1.20	1	2.92	1.96
8	0.14	0.21	0.30	0.58	0.53	0.39	0.34	1	1.38
9	0.15	0.16	0.30	0.50	0.50	0.52	0.51	0.72	1

FIGURA 4.10: Matriz consolidada de 6 expertos de la comparación por pares

Fuente: BPMSG con información de expertos

De las 6 matrices anteriores se consolida una sola matriz 4.10 a partir de un promedio geométrico que realiza el mismo programa contemplando todos los resultados.

De esta forma en la siguiente imagen 4.11 se muestra el resultado por cada experto y global de los 9 criterios seleccionados.

2.4 Ponderación de criterios Los pesos obtenidos para la precalificación después de aplicar los pasos de la sección anterior se observan en la siguiente imagen. Ver figura 4.12

De acuerdo con estos resultados podemos apreciar que 3 criterios para los expertos son de lo más importantes e imprescindibles a tomar en cuenta, se encuentran por arriba del 10%; son que se tenga disponible el recurso de materia prima, que exista una demanda, así como mercado en competencia. Por otro lado,

Participantes	Disponibilidad de ductos de gas natural	Demand a de clientes con GNV	Disponibilidad de estaciones de GNC	Proximidad con otros servicios	Disponibilidad de terreno	Consideraciones legales y gubernamentales	Regulaciones ambientales y de seguridad	Costos fijos y variables	Conectividad con clientes nuevos	CR _{max}
Resultado	30.5%	25.3%	13.4%	5.0%	5.3%	6.4%	7.1%	3.5%	3.4%	1.7%
Experto 1	32.1%	19.2%	13.0%	3.2%	3.6%	10.7%	14.5%	1.8%	2.0%	9.6%
Experto 2	33.0%	27.6%	7.8%	5.6%	2.6%	9.6%	9.6%	1.9%	2.2%	8.2%
Experto 3	28.8%	24.8%	14.5%	3.4%	5.3%	9.0%	10.3%	2.3%	1.6%	7.9%
Experto 4	33.8%	20.0%	7.3%	3.0%	8.9%	3.7%	4.8%	3.1%	15.5%	8.3%
Experto 5	29.6%	20.7%	8.1%	11.0%	4.1%	1.8%	2.3%	19.0%	3.4%	9.6%
Experto 6	16.5%	26.1%	32.3%	4.6%	7.3%	5.1%	4.5%	1.8%	1.9%	9.3%

FIGURA 4.11: Prioridades globales

Fuente: BPMSG con información de expertos 2019.

Índice de consistencia: 1.7%			
Cat	Criterios generales	Prio.	Rango
1	Disponibilidad de ductos de gas natural	30.5%	1
2	Demanda de clientes con GNV	25.3%	2
3	Disponibilidad de estaciones de GNC	13.4%	3
4	Proximidad con otros servicios	5.0%	7
5	Disponibilidad de terreno	5.3%	6
6	Consideraciones legales y gubernamentales	6.4%	5
7	Regulaciones ambientales y de seguridad	7.1%	4
8	Costos fijos y variables	3.5%	8
9	Conectividad con clientes nuevos	3.4%	9

FIGURA 4.12: Ponderación de criterios

Fuente: BPMSG con información de expertos

el resto de los 6 criterios son muy similares en su ponderación. (Ver tabla 4.12).

3.-

- Evaluación de alternativas

Actualmente el Área Metropolitana de Monterrey cuenta con solo 7 estaciones de gas natural vehicular (figura 4.13), en el mapa se puede observar el contorno de un triángulo rojo el cual delimita a la zona con mayor afluencia vehicular del estado de Nuevo León, lo que da pie a que nunca las empresas realizaron un estudio para mejorar las ubicaciones de ellas ya que en absoluto todas se encuentran a las afueras de la parte con mayor demanda de mercado.



FIGURA 4.13: Distribución actual de EDS de GNV en el AMM (2019)

Fuente: Elaboración propia basada en la AMGN 2019

Teniendo en cuenta las limitaciones impuestas por la infraestructura de las empresas el resultado es que se requieren al menos de 7 estaciones para cubrir la demanda actual, importante señalar que como se ha venido mencio-

nando si el mercado permanece cautivo y el incremento es similar respecto a los años anteriores se requerirá de al menos 2 estaciones por año.

Para esta parte se tomo en cuenta a dos empresas que participan de manera importante en la comercialización e instalación de EDS de GNV a nivel local dentro del AMM y nuestra propuesta de 5 EDS.

Debido a lo anterior postulamos 5 alternativas debido a que 2 EDS estan proximas a dar servicio a finales del 2020, aunado a las 5 estaciones sugeridas, como se dijo tuvimos la fortuna de vincularnos con 2 empresas confidenciales dedicadas a la expansión de GNV en el Nuevo León y en el resto de la República Mexicana; para fines prácticos las definimos como Empresa A y Empresa B cuyos expertos estuvieron dispuestos a apoyarnos dentro de está investigación, y que aportarán las 7 y 5 ubicaciones confidenciales-espectivamente pertinentes y propias a su investigación para que nosotros hicieramos el análisis de dichos resultados arrojados en sus evaluaciones al proporcionarles la herramienta de este trabajo, y sumando nuestras propias propuestas de alternativas para obtener distintos comportamientos a diferentes casos mencionados más adelante. Por tal motivo se tomarón en cuenta la mayoría de criterios como factores para la elección de las 5 estaciones propuestas, y como ejemplo de ello son las figuras 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18 y 4.19, que a su vez la empresas tenian acceso a está información; las cuales son la distribución de gas natural, los clientes y usuarios con gnv, las estaciones actuales, asi como las zonas de mayor afluencia vehicular, la demanda del mercado tanto de EDS como de usuarios dentro del Área Metropolitana de Monterrey, ya que como se mencionó aporta información para una correcta evaluación general de todas las alternativas y con ello obtener buenos resultados con la confiabilidad y calidad de los datos utilizados.

Por lo tanto, se solicitó que el experto y/o expertos de cada empresa calificara haciendo la comparación por pares de su instancias mediante el método

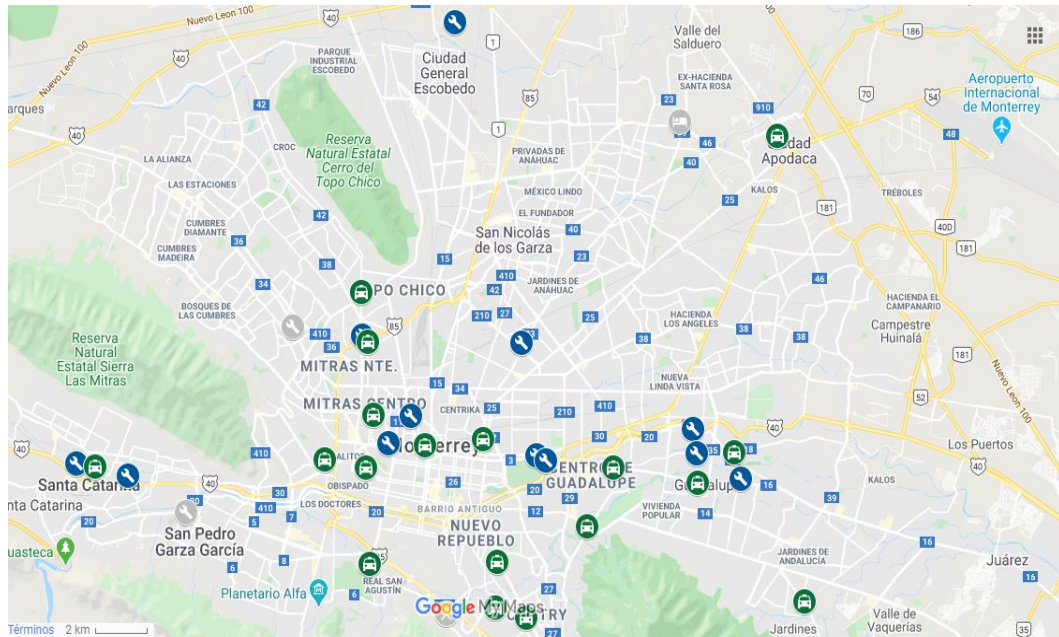


FIGURA 4.14: Mapa de clientes y talleres de GNV en el AMM

Fuente: Elaboración propia con datos de AMGN 2019

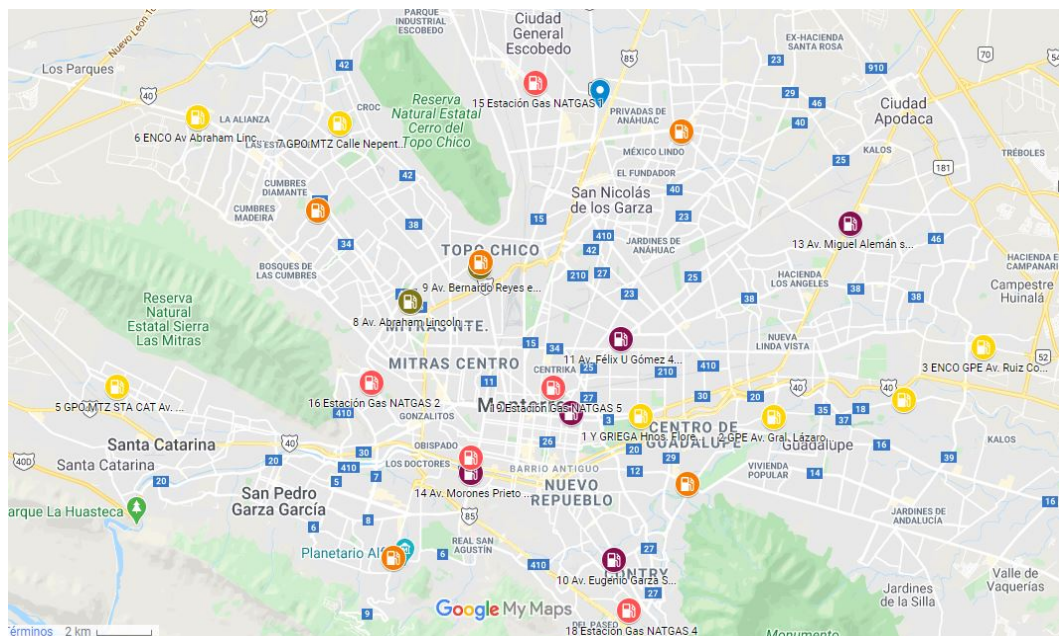


FIGURA 4.15: Mapa estaciones propuestas de GNV en el AMM

Fuente: Elaboración propia con datos de AMGN 2019

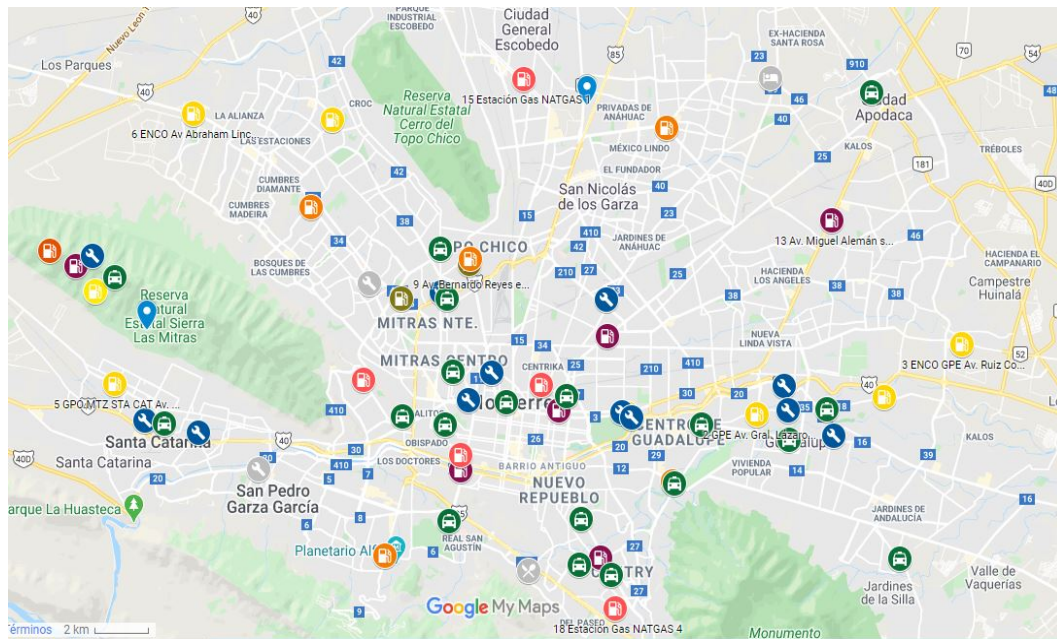


FIGURA 4.16: Mapa concentrado de talleres, EDS y clientes de GNV

Fuente: Elaboración propia con datos de AMGN 2019

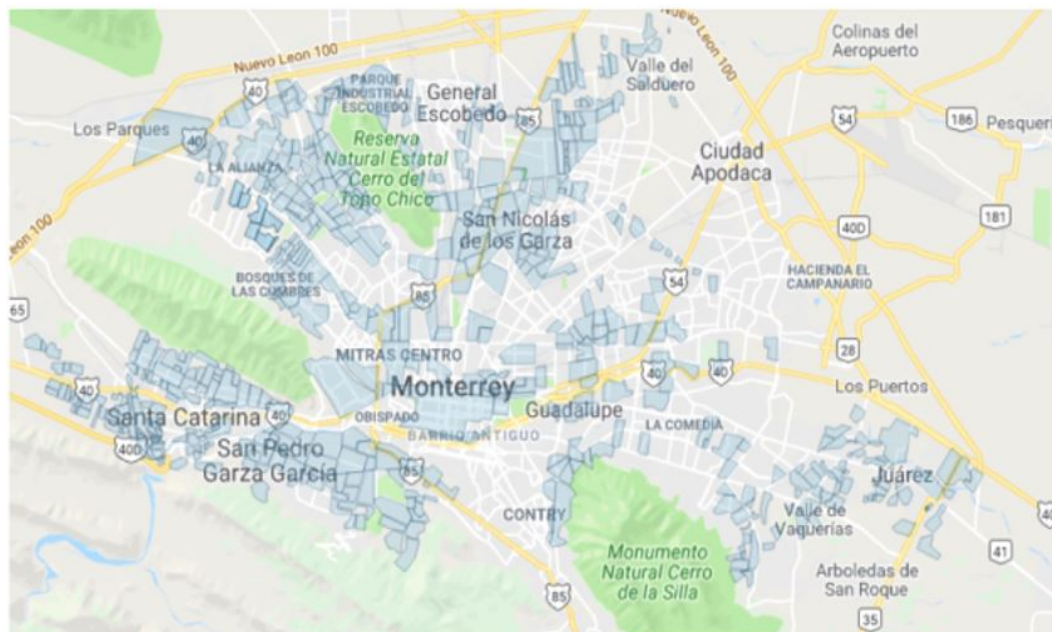


FIGURA 4.17: Regiones con GNV en el AMM

Fuente: Elaboración propia con base a datos Naturgy (2019)

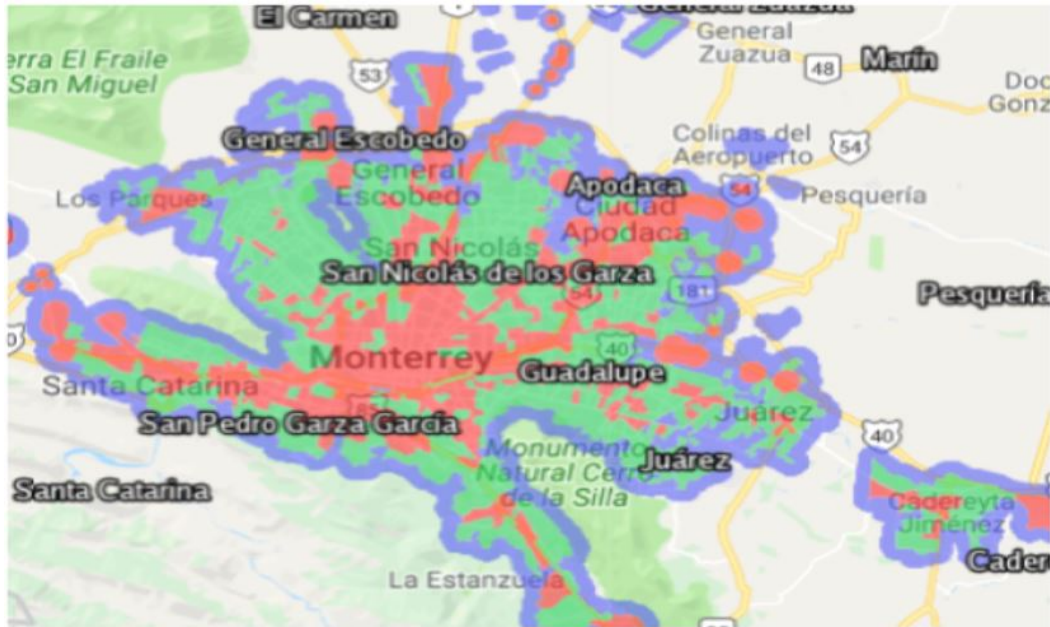


FIGURA 4.18: Región con mayor movimiento vehicular del AMM

Fuente: Elaboración propia con base a datos INEGI 2019

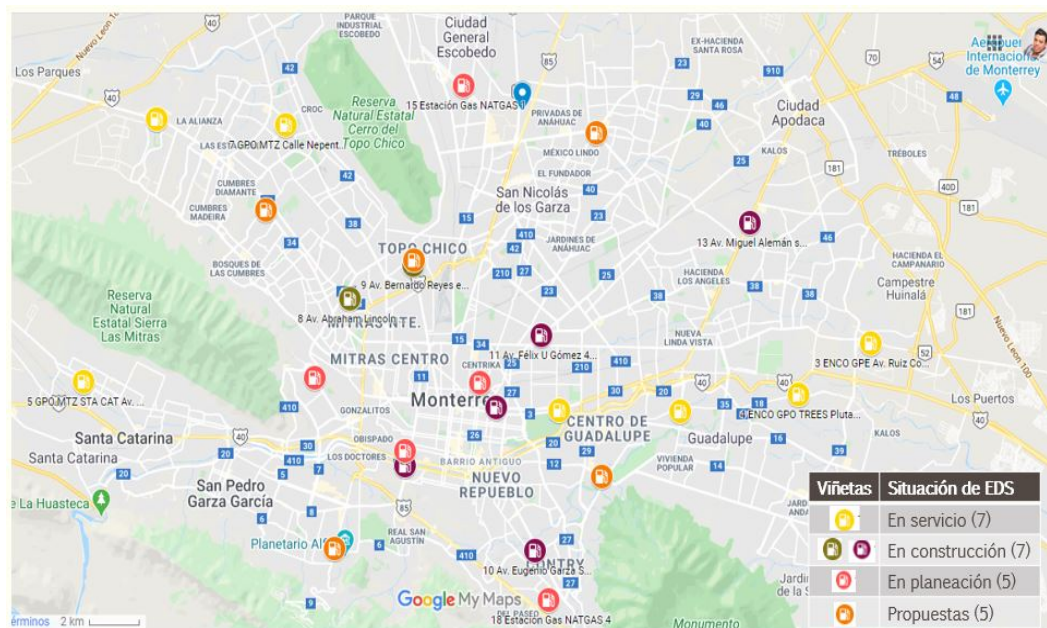


FIGURA 4.19: Estaciones actuales y propuestas del AMM

Fuente: Elaboración propia

AHP, de ser posible dentro de la evaluación de este punto se pudo solicitar la participación del personal relacionado con el tema (analistas, inversionistas, ingenieros de campo, etc.) dentro de la misma organización que tengan voz y voto y hacer uso de esta herramienta, por ende, el o los expertos de la empresa debieron responder de manera individual la evaluación de las alternativas. Para esta experimentación solo lo respondió el único experto de cada empresa y los resultados se observan en el el punto de los escenarios 4.20.

Nota: se sugiere que si otras empresas buscan la localización de sus instancias y quieren usar dicha metodología se podría empezar a partir de la tabla de criterios ponderados 4.12, tomando como base los 9 criterios seleccionados que sería lo ideal debido a toda la información sustentada, sin embargo los objetivos podrían ser distintos para las empresas por lo que se podrían modificar de acuerdo a su punto de vista, en esta etapa el cuestionamiento es de forma individual, es decir el experto o decisor de cada empresa postula sus alternativas, ya que, con la ayuda de la tabla ponderada de criterios estandarizados del AHP o su propia ponderación de criterios, se realizará nuevamente una evaluación pareada mediante el mismo AHP, solo que, ahora comparando las alternativas propuestas, y de esta forma obtener jerárquicamente la posición de ellas.

■ Escenarios

En esta parte contemplando el uso de la herramienta de AHP a través de la plataforma BPMSG se optó por analizar el comportamiento de distintos escenarios descritos en la figura 4.20) que aportaran las diferentes propuestas por parte de 2 empresas confidenciales A y B que nos proporcionaron las ubicaciones de las EDS de GNV a construir, aunado a que nosotros propusimos 5 EDS de igual manera para poder evaluar que instancias serían las mejores a instalar con base a los 5 casos mencionados en la misma figura 4.20. Cabe mencionar que cada experto tanto de la empresa A y B califi-

co sus propias instancias de forma personal, individual y confidencial, así como nosotros las propias a través de la herramienta AHP con apoyo de la plataforma BPMSG.

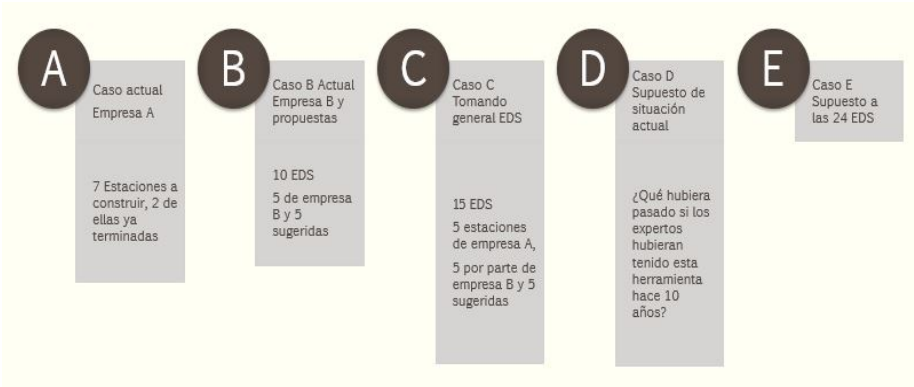


FIGURA 4.20: Esquema de 5 casos a evaluar

Fuente: Elaboración propia 2019.

Para fines prácticos se muestran en la figura 4.21 el nombre y número en específico de las Estaciones de Servicio de Gas Natural Vehicular actuales y propuestas por la Empresas A, B y las propias dentro de las sugeridas así como un mapa 4.22 de como estarían distribuidas en el Área Metropolitana de Monterrey.

Número	Nombre de Establecimiento	Número	Nombre de Establecimiento
1	Naturgy GNV Y Griega (1)	15	Empresa B Natgas A
2	Naturgy GNV Guadalupe (6)	16	Empresa B Natgas B
3	Enco GNV Guadalupe (3)	17	Empresa B Natgas C
4	Estación GNV Grupo Trees (7)	18	Empresa B Natgas D
5	Gpo. Martínez, Santa Catarina (5)	19	Empresa B Natgas E
6	Enco GNV Lincoln (4)	20	Estaciones propuestas Chipinque
7	Gpo. Martínez GNV Nepenta (2)	21	Estaciones propuestas Bosque de la Pastora
8	Empresa A Abraham Lincoln	22	Estaciones propuestas Topo Chico
9	Empresa A Bernardo Reyes	23	Estaciones propuestas Los Fresnos
10	Empresa A Eugenio Garza Sada	24	Estaciones propuestas Mitras
11	Empresa A Félix U Gómez		
12	Empresa A Cristóbal Colón		
13	Empresa A Miguel Alemán		
14	Empresa A Morones Prieto		

En servicio (7)

Empresa A (7)

Empresa B (5)

Propuestas (5)

FIGURA 4.21: Nombre y número de 24 EDS a GNV

Fuente: Elaboración propia 2019.

Exposición de casos

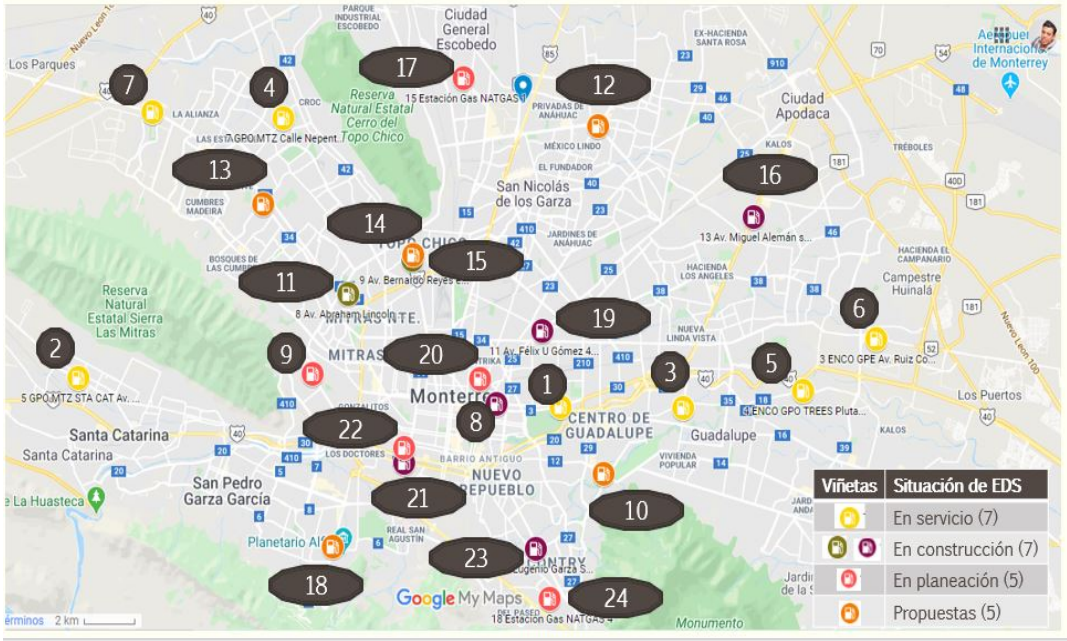


FIGURA 4.22: Distribución geográfica de las EDS de GNV.

Fuente: Elaboración propia 2019.

- 1. Caso A En este caso se contemplaron 7 estaciones propuestas a construir por parte de la Empresa A, recalcando que 2 alternativas ya están próximas a dar servicio. Ver figura 4.23.
- 2. Caso B En este caso se contemplaron 10 EDS, de las cuales 5 son ubicaciones proporcionadas por la Empresa B y las otras 5 son las que nosotros propusimos a partir de los criterios y necesidades de los involucrados en la cadena de valor del gas natural vehicular. Ver figura 4.24.
- 3. Caso C En este caso se contemplaron 15 EDS; las 5 estaciones restantes a construir de la empresa A omitiendo las 2 que ya están terminadas, las 5 EDS de la empresa B y por ultimo las 5 EDS que nosotros planteamos como posibles a instalar. Ver figura 4.25.
- 4. Caso D Dentro de este caso vimos la oportunidad de saber qué es lo que hubiera pasado si los expertos en localización hubieran tenido ac-



FIGURA 4.23: Caso A: 7 estaciones propuestas ponderadas

Fuente: Elaboración propia 2019.



FIGURA 4.24: Caso B: 10 estaciones ponderadas

Fuente: Elaboración propia 2019.

ceso a una herramienta como lo es el AHP para evaluar y construir las 7 instancias que actualmente están en servicio dentro del AMM hace 15 años y de esta manera obtener jerárquicamente como hubiera sido el proceso de construcción de estas EDS. Ver figura 4.26.

5. Caso E Finalmente, para este caso contemplamos el total de las 24 EDS, solo que optamos por dejar fijas dentro de la ponderación las primeras 7 EDS que ya están en servicio en el AMM y enfocarnos en cómo sería la jerarquización del resto de las 17 estaciones. Ver figura 4.27.



FIGURA 4.25: Caso C: 15 estaciones ponderadas

Fuente: Elaboración propia 2019.

4.- Jerarquización de alternativas

Dentro de este rubro se manejaron los escenarios descritos en el punto 4.20, para ello se ejemplificará de forma detallada el Caso A 4.23 para fines prácticos y se entienda la resolución de dicho procedimiento de como se realizó la evaluación, posteriormente solo nos enfocamos en los resultados del resto de casos.

Este análisis es un proceso crucial importante que deberá tomar la alta dirección o el experto en cuestión, porque de ello depende la ubicación correcta, a corto y a largo plazo. Como quedó asentado en párrafos anteriores, no se puede encontrar el sitio ideal, más bien se encuentra el sitio que mejor satisfaga el criterio de las decisiones establecidas en ese momento en específico.

La comparación entre las alternativas se efectúa por pares y con respecto a cada uno de los 9 criterios de decisión seleccionados 4.12, es decir completamente igual como cuando se evaluaron los criterios en este capítulo. Se establece el grado de dominancia que una alternativa tiene sobre la otra; es decir, determina su “grado de superación”, este grado de superación o dominancia lo establecen las relaciones matemáticas que se formulan, determinando hasta qué punto una alternativa destaca sobre las restantes. Además, los pesos que el decisor asigna a cada criterio y que reflejan sus preferencias, confirman o contradicen la rela-



FIGURA 4.26: Caso D: 7 estaciones en servicio ponderadas

Fuente: Elaboración propia 2019.



FIGURA 4.27: Caso E: 24 estaciones ponderadas

Fuente: Elaboración propia 2019.

ción de dominancia binaria entre las alternativas de decisión y de igual forma se calcula su concordancia.

Caso A

Prioridad	Estaciones de Servicio de GNC	Porcentaje
1	12. Empresa A Cristóbal Colón	19.7 %
2	13. Empresa A Miguel Alemán	18.2 %
3	8. Empresa A Abraham Lincoln	16.3 %
4	11. Empresa A Félix U Gómez	14.7 %
5	9. Empresa A Bernardo Reyes	12.3 %
6	14. Empresa A Morones Prieto	12.3 %
7	10. Empresa A Eugenio Garza Sada	6.5 %

FIGURA 4.28: Caso A: 7 estaciones propuestas ponderadas

Fuente: Elaboración propia 2019.

Por tanto, las 7 alternativas contempladas dentro del caso A proporcionadas por la empresa A se procedieron a calificar por parte del experto de esta empresa a través de la misma aplicación BPMSG, Business Performance Management Singapore (Goepel, 2019) y del método AHP (Saaty, 2008).

No	Alternativas Caso A
1	8 Av. Abraham Lincoln 4016 Pte. Industrial Li
2	9 Av. Bernardo Reyes eje metropolitano 5690,
3	10 Av. Eugenio Garza Sada 600
4	11 Av. Félix U Gómez 4032, Juana de Arco 6451
5	12 Av. Cristóbal Colón esq. Álvaro Obregón Ce
6	13 Av. Miguel Alemán s/n La Encarnación 66633
7	14 Av. Morones Prieto esq. Venustiano Carranz

FIGURA 4.29: Caso A: 7 EDS propuestas por la empresa A

Fuente: elaboracion propia caso A BPMSG 2019

	8 Av. Abraham Lincoln 4016 Pte. Industrial	9 Av. Bernardo Reyes eje metropolitano 5690,	10 Av. Eugenio Garza Sada 600	11 Av. Félix U Gómez 4032, Juana de Arco 6451	12 Av. Cristóbal Colón esq. Álvaro Obregón Ce	13 Av. Miguel Alemán s/n La Encarnación 66633	14 Av. Morones Prieto esq. Venustiano Carranza	CR _{max}
Caso de estudio A								
Resultado	16.3%	12.3%	6.5%	14.7%	19.7%	18.2%	12.3%	9.9%
Experto 1	16.3%	12.3%	6.5%	14.7%	19.7%	18.2%	12.3%	5.7%

FIGURA 4.30: Ponderación final de alternativas del Caso A

Fuente: Elaboración propia 2019.

a) En esta parte el experto comienza a calificar y evaluar todas las alternativas respecto a la información mencionada.

b) Selección de alternativa Para este caso se observa que el resultado arrojado de las 7 alternativas se muestra en la figura 4.31 por parte del experto de la empresa A, y prioriza la estación 12. Cristóbal Colón en primer lugar con un porcentaje del 19.7% seguida de la estación 13. Miguel Alemán con un 18.2%, Abraham Lincoln con 16.3%, y así sucesivamente como se observa en la figura 4.28. Es importante mencionar que de igual forma se analizó el índice de consistencia de los datos para todas las evaluaciones, como ejemplo para este caso es de 5.7% (aceptable) y que si fuera superior al 10% se tendría que reevaluar esta instancia hasta que estuviera por debajo del rango de 10%. Ver figura ?? y ??.

Como resultado del análisis del Caso A observamos que son muy parecidas las primeras 3 instancias en cuanto a su priorización, sin embargo algo en particular de este caso es que la instancia 8. Abraham Lincoln y 9. Bernardo Reyes están próximas a dar servicio como tal en Monterrey y que para la herramienta y el experto estas no tendrían que haber sido las que se construirían de forma inmediata sino la EDS 12 y 13 y así atacar los requerimientos actuales de la demanda actual.

			Proceso Jerárquico Caso A							
Nivel 0	Nivel 1	P r i o	8 Av. Abraham Lincoln 4016 Pte. Industria I LI	9 Av. Bernard o Reyes eje metropol itano 5690,	10 Av. Eugenio Garza Sada 600	11 Av. Félix U Gómez 4032, Juana de Arco 6451	12 Av. Cristóbal Colón esq. Álvaro Obregón Ce	13 Av. Miguel Alemán s/n La Encarnac ión 66633	14 Av. Morones Prieto esq. Venustia no Carranz	
AHP	Disponibilidad de ductos de gas natural 0.305	30.5%	0.120	0.035	0.020	0.234	0.321	0.050	0.221	
	Demanda de clientes con GNV 0.253	25.3%	0.229	0.338	0.032	0.100	0.155	0.018	0.128	
	Disponibilidad de estaciones de GNC 0.134	13.4%	0.073	0.075	0.162	0.087	0.064	0.507	0.032	
	Proximidad con otros servicios 0.050	5.0%	0.196	0.068	0.050	0.163	0.437	0.021	0.066	
	Disponibilidad de terreno 0.053	5.3%	0.258	0.028	0.087	0.036	0.022	0.474	0.095	
	Consideraciones legales y gubernamentales 0.064	6.4%	0.130	0.085	0.030	0.085	0.084	0.538	0.049	
	Regulaciones ambientales y de seguridad 0.072	7.2%	0.249	0.024	0.056	0.255	0.095	0.259	0.063	
	Costos fijos y variables 0.035	3.5%	0.127	0.070	0.164	0.041	0.426	0.110	0.062	
	Conectividad con clientes nuevos 0.034	3.4%	0.129	0.064	0.301	0.106	0.039	0.336	0.026	
			1.0	16.3%	12.3%	6.5%	14.7%	19.7%	18.2%	12.3%

FIGURA 4.31: Tabla de evaluación final del Caso A

Fuente: Elaboracion propia 2019.

4.3.3 REVISIÓN DE ESCENARIOS

4.4 PASO 4

4.4.1 RESULTADOS DE LOCALIZACIÓN

Caso A

Como resultado final se observa la siguiente tabla 4.32 mostrando que la ubicación de mayor importancia sería la de Miguel Alemán, seguida de la de Cristóbal Colón, Abraham Lincoln, Félix U Gómez, Bernardo Reyes, Morones

Caso de estudio	8 Av. Abraham Lincoln 4016 Pte. Industrial	9 Av. Bernardo Reyes eje metropolitano 5690,	10 Av. Eugenio Garza Sada 600	11 Av. Félix U Gómez 4032, Juana de Arco 6451	12 Av. Cristóbal Colón esq. Álvaro Obregón Ce	13 Av. Miguel Alemán s/n La Encarnación 66633	14 Av. Morones Prieto esq. Venustiano Carranza	CR _{max}
Resultado	16.3%	12.3%	6.5%	14.7%	19.7%	18.2%	12.3%	9.9%
Experto 1	16.3%	12.3%	6.5%	14.7%	19.7%	18.2%	12.3%	5.7%

FIGURA 4.32: Ponderación de alternativas del Caso A.

Fuente: BPMSG

Prieto y por último la de Eugenio Garza Sada. En función del análisis de los resultados obtenidos del paso anterior se emitirá un juicio por parte del decisor con respecto a las mejores ubicaciones para las gasineras, ya que él elegirá la forma en cómo se irán construyendo e instalando las alternativas.

Prioridad	Estaciones de Servicio de GNC	Porcentaje
1	12. Empresa A Cristóbal Colón	19.7 %
2	13. Empresa A Miguel Alemán	18.2 %
3	8. Empresa A Abraham Lincoln	16.3 %
4	11. Empresa A Félix U Gómez	14.7 %
5	9. Empresa A Bernardo Reyes	12.3 %
6	14. Empresa A Morones Prieto	12.3 %
7	10. Empresa A Eugenio Garza Sada	6.5 %

FIGURA 4.33: Resultado de ponderación de EDS del Caso A)

Fuente: Elaboración propia 2019.

Ya que se terminó de evaluar cada alternativa con su respectivo criterio, el programa arroja el resultado final donde se observan los resultados por alternativa y por criterio. Figura 4.34 cabe mencionar que esto forma parte del método AHP y factores ponderados, que en este caso califica el grado de cumplimiento de estos factores por cada uno de los sitios y calcula así la puntuación que es el resultado de multiplicar la ponderación del factor por la calificación de cada uno de los lugares. Finalmente, se suman los puntos obtenidos por cada sitio y se selecciona aquel que haya obtenido la mayor puntuación, la misma aplicación lo

realiza de forma automática mostrándolo a continuación.

		Proceso Jerárquico							
Nivel 0	Nivel 1	p r i o	8 Av. Abraham Lincoln 4016 Pte. Industria I LI	9 Av. Bernard o Reyes eje metropol itano 5690,	10 Av. Eugenio Garza Sada 600	11 Av. Félix U Gómez 4032, Juana de Arco 6451	12 Av. Cristóbal Colón esq. Álvaro Obregón Ce	13 Av. Miguel Alemán s/n La Encarnac ión 66633	14 Av. Morones Prieto esq. Venustia no Carranz
AHP	Disponibilidad de ductos de gas natural	30.5%	0.120	0.035	0.020	0.234	0.321	0.050	0.221
	Demanda de clientes con GNV	25.3%	0.229	0.338	0.032	0.100	0.155	0.018	0.128
	Disponibilidad de estaciones de GNC	13.4%	0.073	0.075	0.162	0.087	0.064	0.507	0.032
	Proximidad con otros servicios	5.0%	0.196	0.068	0.050	0.163	0.437	0.021	0.066
	Disponibilidad de terreno	5.3%	0.258	0.028	0.087	0.036	0.022	0.474	0.095
	Consideraciones legales y gubernamentales	6.4%	0.130	0.085	0.030	0.085	0.084	0.538	0.049
	Regulaciones ambientales y de seguridad	7.2%	0.249	0.024	0.056	0.255	0.095	0.259	0.063
	Costos fijos y variables	3.5%	0.127	0.070	0.164	0.041	0.426	0.110	0.062
	Conectividad con clientes nuevos	3.4%	0.129	0.064	0.301	0.106	0.039	0.336	0.026
		1.0	16.3%	12.3%	6.5%	14.7%	19.7%	18.2%	12.3%

FIGURA 4.34: Tabla de calificaciones por criterio y alternativa

Fuente: BPMSG

Se muestra una forma simplificada del resultado por ubicaciones, de modo que la priorización quedaría de la siguiente forma. Ver figura 4.33

Cada caso tuvo su propia ponderación de instancias en referencia a su evaluación por los expertos y sugerida para esta investigación, la cual se muestra de la siguiente manera, y los resultados se pueden observar más adelante.

Caso B

Para nosotros este caso repercute mucho puesto que podemos observar como las EDS que se propusieron 4 de ellas están dentro de las primeras 5 respecto a la empresa B, lo cual afirma que el estudio de factores y de una buena metodología logra grandes cambios y beneficios.

Prioridad	Estaciones de Servicio de GNC	Porcentaje
1	16. Empresa B Natgas 2	13.8 %
2	21. Estaciones propuestas Bosque de la Pastora	13.2 %
3	24. Estaciones propuestas Mitras	11.9 %
4	22. Estaciones propuestas Topo Chico	11.4 %
5	23. Estaciones propuestas Los Fresnos	10.9 %
6	15. Empresa B Natgas 1	10.3 %
7	20. Estaciones propuestas Chipinque	9.1 %
8	19. Empresa B Natgas 5	6.9 %
9	17. Empresa B Natgas 3	6.4 %
10	18. Empresa B Natgas 4	6.1 %

FIGURA 4.35: Caso B 10 estaciones ponderadas

Fuente: Elaboración propia 2019.

Caso C

Recordamos que para esta caso se analizarón las 15 EDS tanto de las 2 empresas como las sugeridas por nosotros, y que de igual forma se logra ver que dentro de la ponderación y análisis las 5 EDS propuestas por nosotros estan dentro del 80% basandonos en Pareto y que de la misma forma nuestras propuestas son aun mejores que las de ambas empresas.

Caso D

Para este caso se hizo el supuesto de como sería si la empresa que construyo las actuales EDS hubiera tenido acceso a una metodología como esta y observamos que cambia drásticamente su distrubución, concordando solamente en la primera instancia 1. Naturgy Y Griega y que para la segunda instancia se eligió la número 2 Naturgy GNV Guadalupe y que en la vida real fue la número 6 de 7 en instalarse.

Caso E

Por ultimo en este caso se dejaron fijas la primeras 7 alternativas, la cuales ya estan en sevicio, y que de la misma manera nuestras propuestas siguen siendo mejores que las propuestas por la empresa A y B.

Prioridad	Estaciones de Servicio de GNC	Porcentaje
1	23. Estaciones propuestas Los Fresnos	9.6 %
2	12. Empresa A Cristóbal Colón	9.3 %
3	21. Estaciones propuestas Bosque de la Pastora	8.7 %
4	19. Empresa B Natgas 5	8.0 %
5	22. Estaciones propuestas Topo Chico	8.0 %
6	16. Empresa B Natgas 2	7.9 %
7	24. Estaciones propuestas Mitras	7.8 %
8	20. Estaciones propuestas Chipinque	7.5 %
9	15. Empresa B Natgas 1	7.4 %
10	13. Empresa A Miguel Alemán	6.3 %
11	10. Empresa A Eugenio Garza Sada	4.5 %
12	11. Empresa A Félix U Gómez	4.0 %
13	14. Empresa A Morones Prieto	3.8 %
14	18. Empresa B Natgas 4	3.6 %
15	17. Empresa B Natgas 3	3.5 %

FIGURA 4.36: Caso C: 15 estaciones ponderadas

Fuente: Elaboración propia 2019.

4.4.2 CONCLUSIONES

Gracias al acceso de información teórica y práctica se tuvo un buen sustento y respaldo de la metodología, puesto que a lo largo de la evaluación se fue verificando holísticamente cada paso de forma que se obtuvieran los mejores resultados.

A continuación, se describen los resultados de la experimentación de dicho trabajo, comenzando por la importancia de los criterios a evaluar, seguido del número de alternativas necesarias, así como la correspondiente determinación y jerarquización de ellas.

La importancia de los criterios torna sentido de inicio a fin dentro de la investigación, ya que estos factores son los que originan la pauta de hacia donde se puede establecer una gasinera, culminando en la ponderación de ellas.

De tal manera que, para el sector energético del gas natural vehicular vinculado con el posgrado de Logística y Cadena de Suministro, la ponderación de

Prioridad	Estaciones de Servicio de GNC	Porcentaje
1	1. Naturgy GNV Y Griega (1)	28.1 %
2	2. Naturgy GNV Guadalupe (6)	17.2 %
3	5. Gpo. Martínez, Santa Catarina (5)	15.2 %
4	3. Enco GNV Guadalupe (3)	12.5 %
5	4. Estación GNV Grupo Trees (7)	11.3 %
6	7. Gpo. Martínez GNV Nepenta (2)	9.4 %
7	6. Enco GNV Lincoln (4)	6.3 %

FIGURA 4.37: Caso D: 7 estaciones en servicio ponderadas

Fuente: Elaboración propia 2019.

criterios resultado de esta manera. (Ver tabla 4.7).

Se contempla que para responder a la demanda actual es necesario construir las 7 instalaciones de acuerdo con su importancia de ubicación, pero, por otro lado, y sin menospreciar los resultados ponderados de las alternativas, como lo vimos en el modelo es necesario que se satisfaga al usuario inmediatamente ya que se encuentra en desabasto por lo que no importaría en estos momentos el orden de construcción de las alternativas, aunque exista un criterio de demanda dentro de la evaluación.

A la hora de seleccionar a los expertos se tuvo que hacer un análisis exhaustivo de elegir adecuadamente a los evaluadores, estando completamente cualificados, con la finalidad de obtener buenos resultados.

Se observó detalladamente los pasos a seguir en cuanto a la selección de criterios y la cuantificación y ubicación de las instancias, que con ayuda de estas herramientas la empresa podría emitir un juicio por parte del decisor con respecto a las mejores alternativas y criterios respectivos.

El AHP es usado en muchos trabajos de investigación por ser una herramienta confiable de apoyo para la toma de decisiones.

Prioridad	Estaciones de Servicio de GNC
1	1. Naturgy GNV Y Griega (1)
2	5. Gpo. Martínez, Santa Catarina (5)
3	2. Naturgy GNV Guadalupe (6)
4	7. Gpo. Martínez GNV Nepenta (2)
5	4. Estación GNV Grupo Trees (7)
6	3. Enco GNV Guadalupe (3)
7	6. Enco GNV Lincoln (4)
8	12. Empresa A Cristóbal Colón
9	16. Empresa B Natgas 2
10	21. Estaciones propuestas Bosque de la Pastora
11	8. Empresa A Abraham Lincoln
12	23. Estaciones propuestas Los Fresnos
13	24. Estaciones propuestas Mitras
14	22. Estaciones propuestas Topo Chico
15	9. Empresa A Bernardo Reyes
16	13. Empresa A Miguel Alemán
17	15. Empresa B Natgas 1
18	20. Estaciones propuestas Chipinque
19	11. Empresa A Félix U Gómez
20	19. Empresa B Natgas 5
21	14. Empresa A Morones Prieto
22	17. Empresa B Natgas 3
23	10. Empresa A Eugenio Garza Sada
24	18. Empresa B Natgas 4

FIGURA 4.38: Caso E: 24 estaciones ponderadas

Fuente: Elaboración propia 2019.

La aplicación experimental del procedimiento permitió ubicar, calificar y enumerar la localización de estaciones de servicio de gas natural vehicular.

El modelo propuesto para la optimización la localización de EDS podrá modificarse respecto a las situaciones futuras así como la caracterización de criterios, en esta caso se podría modificar un criterio muy importante “disponibilidad de gasoductos”, existen empresa que no dependen de ellos ya que el tipo de estación es móvil o virtual, donde esta se surte por carrotaques y es una estación tipo paquete que no requiere más que la disponibilidad de terreno y respectivos permisos, pero esto sería tema de otra investigación.

Para la aplicación del AHP se requirió una buena elección de evaluadores que definieran las características de las alternativas y criterios para realizar la

evaluación, y que al usar una herramienta automática (BPMSG) resultó más rápida su solución, así como la posible reducción de carga subjetiva de los criterios de evaluación al minimizar la calificación de los evaluadores por cada uno de los criterios de manera independiente. De la misma manera es muy importante señalar la capacidad de reutilización que tiene el modelo generalizado, de forma que admite fácilmente nuevas alternativas y criterios.

Esta metodología podrá ser replicable para las empresas de gas natural que buscan la ampliación de su red de gasineras de acuerdo con sus posibilidades, y en función de que podría ser aplicable hacia otro sector de la industria recabando la información necesaria, y viéndonos más atrevidos de forma personal al buscar o adquirir algún bien, material o servicio adaptándolo a nuestras necesidades particulares.

Con lo anterior, es posible apreciar que, se requiere atacar este mercado de manera inmediata, y que conforme vaya creciendo se podrá evaluar de manera distinta los criterios respecto a que con el paso del tiempo serán modificables en su ponderación y descripción.

La selección de expertos conscientemente ratifica y evita la fuga de información, así como optimiza los resultados.

Un dato interesante; Vallhonrat & Corominas (1991) consideran que la localización de instalaciones es una de las decisiones claves en el proceso de diseño de un sistema logístico, mejorando el servicio de toda la cadena de valor

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

«El que ha llegado tan lejos que ya no se confunde, ha dejado también de trabajar».

Max Planck.

En este último capítulo se exponen las conclusiones generales referentes a la aplicación del proyecto, agregando las recomendaciones, contribuciones y trabajos a futuro que se derivaron de dicho trabajo.

5.1 CONCLUSIONES GENERALES

Respecto al presente trabajo se mostró la importancia de la investigación al poder vincularlo con la parte industrial, con varias empresas del sector, obteniendo un caso de estudio real y que como resultado de ello las empresas lo podrán desarrollar y poner en práctica en actuales y futuras expansiones.

Hoy en día se ha visto que, si no se atiende directamente y a la mayor brevedad al usuario y este queda insatisfecho, al estar en un mundo totalmente globalizado y abierto en opciones de mercado el cliente rápidamente cambiará de proveedor sin pensarlo, fue por ello una de las razones de la problemática plan-

teada, y que dicha investigación llegó en el momento y lugar apropiado antes que la gestión de recursos cambiará de rumbo.

Son de gran importancia los problemas de localización de centros no deseados, por lo que una decisión y elección de este tipo trae consigo distintos efectos en el futuro de la sociedad que debe convivir con una instalación de este tipo, por ello la necesidad de haber realizado y desarrollado un análisis profundo y concienzudo metodológicamente para tomar decisiones de este tipo, con ayuda y aporte de la alta dirección y/o gerencia que justifiquen y demuestren la decisión de minimizar en mayor medida las posibles repercusiones positivas o negativas futuras que un centro no deseado pueda traer.

Actualmente existen infinidad de distintos tipos de metodologías que ayudan a los analistas, decisores o expertos a resolver los problemas que se les presentan en su vida profesional, pero en algunas ocasiones no se les da la importancia a algunas de estas, debido a que presentan distintos paradigmas mentales que los sesgan, y en otro sentido, la cotidianidad y conveniencia los llevan a buscar soluciones que en la mayoría de los casos traen algún beneficio económico, o de mejoramiento de algún tipo de indicador que favorezca la productividad o el aprovechamiento de los recursos, dejando de lado los problemas que no buscan tener esto precisamente, sino que busca minimizar los efectos que a mediano o largo plazo puedan traer, por ello una de las conclusiones que se obtienen como resultado de la presente investigación, es dar uso de metodologías y de conceptos fáciles de interpretar y ejecutar, que no buscan solo mejorar la utilización de los recursos, sino que intentan conjugar diferentes criterios, ayudando a minimizar los perjuicios que puede traer una localización no deseada en una comunidad.

Con los datos actuales entre clientes y estaciones, es decir 7 estaciones para 12 mil unidades es imposible que se cubra la demanda, por ello se ejecutó un plan de prospección a 5 años necesitando aproximadamente 17 estaciones para satisfacer a los usuarios, provocando mejores condiciones ambientales en la ciudad,

eliminando traslados largos de cobertura y generando satisfacción en el consumidor final y porque no en toda la cadena de valor.

Por medio de herramientas multicriterio, toma de decisiones, análisis cuantitativo y cualitativo se pudo identificar y determinar cuales son las mejores ubicaciones de estaciones de gas natural vehicular, y a medida que se vayan construyendo el resto de las estaciones se irá disminuyendo el tiempo de espera de los clientes en ellas, será mejor la visibilidad del mercado, aumentaran las ganancias en todo el sector y provocara una mayor ampliación de la red de estaciones garantizando la cobertura.

Las técnicas de análisis multicriterio, requieren una buena elección de evaluadores que definan las características de las alternativas y criterios para realizar la evaluación, que resultará más rápida utilizando herramientas automáticas que realicen el Proceso Analítico Jerárquico, tal y como fue el caso al usar la plataforma (BPMSG) para realizar el estudio que resulto ser eficiente y rápida a la hora de ofrecer resultados y realizar ajustes sobre el modelo inicial.

El hecho de que se hayan planteado 9 criterios para la evaluación de las alternativas no quiere decir que serán los absolutos, sino que el decisor podrá optar por modificarlos, ampliarlos o reducirlos respecto al interés planteado y al tiempo transcurrido de la situación.

Se ataco directamente a la logística urbana y ambiental optimizando las operaciones y servicios dentro de Nuevo León. El impacto en la cadena de suministro y en la logística radico en como la toma de decisiones impacta directa y proporcionalmente en la oportunidad de mejora y expansión de los negocios.

El proyecto representa un apoyo a la toma de decisiones en las empresas, fortaleciendo los procedimientos a la hora de seleccionar correctamente las instalaciones con ayuda de los criterios especiales que resultaron de este análisis minimizando el riesgo a tener unidades mal ubicadas que ocasionarían menos ganancias.

Las empresas obtuvieron ventajas competitivas y comparativas respecto a los demás mercados ya que nunca se había propuesto este tipo de metodología y mucho menos tenían algo en que basarse para expandir sus operaciones, provocando un parteaguas dentro de la comunidad del gas natural vehicular y con ello generando una tendencia dentro de las organizaciones del sector.

A lo largo de la investigación y en particular se contemplaron las localizaciones indeseables, algo que generalmente pocas veces los analistas y/o decisores deben enfrentar en la búsqueda de su ubicación tomando en cuenta distintos factores a los cuales normalmente no se está acostumbrados y que a pesar de ser difíciles de cuantificar son de gran importancia llegando a minimizar las consecuencias que a futuro pueden traer a una buena decisión.

Gracias a la constante participación e interacción de la academia y el sector industrial el estudio se realizó de forma satisfactoria debido a que, como fue un caso de aplicación real, durante todo el transcurso de dicho estudio existió plena comunicación y compromiso entre las partes involucradas, lo que ayudó a aclarar y conocer todas las necesidades y expectativas que las organizaciones deseaban cubrir.

Finalmente, y con los resultados obtenidos a lo largo del estudio, implicó ofrecer a la empresa las mejores alternativas para las estaciones de servicio, cumpliendo totalmente, ya que todo lo que en este trabajo está hecho, se hizo conforme a los requerimientos, necesidades y expectativas que las empresas deseaban. Por otro lado, las empresas tendrán la última palabra conforme a la elección de la ubicación para sus nuevas instalaciones dependiendo de qué tan atractivos resulten todos y cada uno de los incentivos y programas que se tengan.

5.2 CONTRIBUCIONES

Se considero el uso de herramientas matemáticas las cuales abordan la búsqueda de criterios para obtener las mejores alternativas y cuantificar el número necesario de ellas. Por lo anterior, la principal contribución de este trabajo consiste en identificar, determinar y ponderar cuales son las posibles mejores ubicaciones, aportando gran valor a la logística urbana y cadena de suministro del gas natural.

Dicho trabajo es adaptable, aplicable y replicable a cualquier empresa del sector, no solo para el estado de Nuevo León sino para otros estados de la República Mexicana que cuenten con este combustible y quieren la opción de optimizar y diversificar su localización de estaciones contemplando al mercado actual y futura teniendo en consideración los distintos criterios y alternativas de cada región. y que de igual manera el desarrollo para la empresa de una herramienta confiable para el usuario fue importante ya que por medio de la aplicación BPMSG puede obtener resultados en tiempo y forma.

Con esto se cubre la satisfacción de todos los agentes de la cadena de valor del gas natural comprimido, contemplando con la cobertura completa de la demanda que es una parte fundamental para la satisfacción del cliente aunado a la anticipación de las variaciones de la demanda, reduciendo en costos logísticos de las partes involucradas obteniendo una distribución en la cobertura de red de estaciones de GNV, apropiada y en puntos estratégicos, y mejorando lo que se hace actualmente dentro de la localización de estaciones de servicio de GNV.

De la misma forma otras organizaciones del mismo sector como diferentes podrán tomarlo en cuenta para su ejecución respecto a sus propios intereses y objetivos ya que la metodología es sumamente amigable, adaptable, eficaz y eficiente planeada de esta forma para ser usada y compartida, mejorando el desempeño organizacional. Por ende, incrementa los beneficios en la cadena de suministro e impulsa la competitividad a través de una correcta gestión de sus recursos clave.

5.3 RECOMENDACIONES

En todo momento se debe estar monitoreando al mercado cautivo y cadena de valor del sector, ya que en cualquier momento se podrían modificar los objetivos provocando una desalineación en todo el estudio planteado. Por lo tanto, se sugiere que se establezcan tiempos de actualización a mediano y largo plazo para comprobar que los criterios siguen siendo pertinentes al problema y están correctamente ponderados, de no ser así se tendrá que realizar la actualización de la jerarquización de criterios, así como las alternativas y número consideradas que estén contempladas en ese momento.

Ya que parte de la metodología es a través del consenso de ciertos expertos se podrá mejorar su análisis al aumentar el número de ellos, siempre y cuando cumplan con las expectativas de la investigación, tornando a cadenas de suministro visibles en todo momento enfocando los beneficios particulares y globales de las organizaciones acordes a sus principales objetivos.

Las empresas pueden acceder a los beneficios que otorgan y ofrecen algunos gobiernos locales y estatales para su localización.

Nunca tomar decisiones precipitadas y menos por cuestiones particulares como de los directivos o dueños de las empresas.

Al momento de ejecutar las acciones de localización, es decir que se avance en la cobertura de estaciones se sugiere ir comparando los resultados obtenidos a lo largo de todas las etapas del proceso para verificar y comprobar la situación del mercado.

5.4 DIFUSIÓN

Difusión Los resultados de este trabajo se han publicado en memorias de congresos: Wong Y., Saucedo J., Evaluación y determinación para ubicar estaciones de servicio de gas natural vehicular mediante modelos de localización. Congreso Anual de la Sociedad Mexicana de Investigación de Operaciones, CSMIO2019 ITAM ISBN Números. Ciudad de México, México. 2019. Otros Además, han sido presentados en congresos nacionales tales como el Congreso Anual de la Sociedad Mexicana de Investigación de Operaciones, CSMIO2019, el 52 Congreso Nacional de la Sociedad Matemática Mexicana 2019, el II Coloquio “La ciencia de la ingeniería como motor para el desarrollo económico” CIDET 2020 y en el ciclo de seminarios del Posgrado en Logística y Cadena de Suministro de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UANL.

5.5 TRABAJO A FUTURO

A continuación, se describen algunos aspectos que se derivan de este trabajo como futuras líneas de investigación:

Se podría implementar y complementar dicha investigación con los SIG vinculándolos con los propósitos de la investigación de tal forma que se amplíe la optimización y simulación del tema.

Se podrán ejecutar modelos con múltiples objetivos dentro del modelo matemático involucrando mayor cantidad de variables y parámetros obtenido un modelo mas robusto.

Poder modificar, eliminar o agregar el número de criterios dentro de su análisis.

Contemplar el numero de instalaciones que se requieren dentro de los próxi-

mos años, determinar su ubicación parcial y posteriormente evaluarlas conjuntamente para obtener distintos resultados y así compararlos con el resultado de la investigación actual.

Nos encontramos en un mundo donde la tecnología avanza a pasos agigantados, y que por ello en otros países con GNC se ha visto la necesidad de optimizar las estaciones, creando instalaciones consolidadas tipo paquete; estaciones virtuales o remotas que son solo una maqueta o replica de las instalaciones fijas solo que pueden ser instaladas sin tanta complejidad y pueden cambiar de ubicación de acuerdo a regulaciones específicas pero no requieren de mucha inversión como si lo son las fijas, por tanto el indagar mas acerca de este tipo de estaciones podría beneficiar mas a este sector y quitarse un gran peso de encima el cual es el costo y la disponibilidad del ducto ya que estas solo requieren de un almacenamiento fijo sin la limitación de que el terreno que se busque tenga acceso a este servicio.

APÉNDICE A

ENCUESTA A ESTACIONES DE GNV

«Investigar es ver lo que todo el mundo ha visto, y pensar lo que nadie más ha pensado».

Albert Szent-Györgyi.

Se muestra el cuestionario realizado a las principales estaciones de servicio que distribuyen gas natural vehicular en el AMM.

El objetivo de este fue darnos una idea de cuales eran las principales necesidades e inconvenientes de las EDS, así como ampliar el panorama actual de dicha investigación.

Estaciones de GNV

Le agradecemos responder, marcando con (x), o completando donde sea conveniente, a este breve y sencillo cuestionario; que tiene como propósito obtener datos que ayuden a encontrar las razones de los problemas existentes en la Masificación del Consumo del GNV; y, en base a las recomendaciones que sean necesarias, adecuadas o convenientes.

1. Fecha de la visita
2. Nombre de la estación

-
3. Horario de apertura y cierre
 4. Horario de la visita
 5. Costo de gas natural
 6. Tipo de estación / numero de dispensadores
 7. ¿A cuántos carros puede abastecer la estación?
 8. Tipos de compresores, capacidad, número.
 9. Consumo diario de gas natural metros cubicos Turno o completo
 10. Horario donde frecuente mas afluencia de vehiculos
 11. ¿Se da servicio a camiones (pasajeros, basura, privados)?
Si.
No.

APÉNDICE B

ENCUESTA A TALLERES DE CONVERSIÓN DE GNV

«El conocimiento no es una vasija que se llena, sino un fuego que se enciende».

Plutarco.

Se muestra el cuestionario realizado a los principales talleres que ofrecen el servicio de conversión de vehiculos gas natural vehicular a las unidades motoras..

El objetivo de este fue darnos una idea de cuales eran las principales necesidades e inconvenientes de los talleres, asi como ampliar el panorama actual de dicha investigación.

Talleres de conversión de GNV

Le agradecemos responder, marcando con (x), o completando donde sea conveniente, a este breve y sencillo cuestionario; que tiene como propósito obtener datos que ayuden a encontrar las razones de los problemas existentes en la Masi-ficación del Consumo del GNV; y, en base a las recomendaciones que sean necesarias, adecuadas o convenientes.

1. Fecha

-
2. Nombre del taller
 3. ¿Desde qué año convierte unidades a gas natural?
 4. ¿Cuántas conversiones realiza por semana?
 - a. Menos de 5
 - b. De 5 a 10
 - c. De 10 a 15
 - d. Más de 15
 5. ¿La mayoría de los vehículos a ser convertidos llegan al taller por?
 - a. Recomendación
 - b. Ser los únicos en su zona
 - c. Para conocer los beneficios de la conversión a GNV.
 - d. Otro (especificar)
 6. ¿En qué meses es la demanda más alta de conversiones de carros al año?
 7. ¿Cuántos vehículos convierte a gas natural al año?
 - a. Menos de 99.
 - b. Entre 100 y 199.
 - c. Entre 200 y 299.
 - d. Entre 300 y 399.
 - e. Entre 400 y 499.
 - f. Más de 500 vehículos por año.
 8. ¿Cuáles son sus principales clientes?
 - a. Taxistas
 - b. Conductores de aplicaciones (uber, didi, cabify, taxify).
 - c. Empleados de transporte público (camiones, autobuses, combis).
 - d. Gobierno.

- e. Vehículo propio/personal.
- f. Otro (especificar).

9. ¿Cuál es la marca de vehículos que convierte más seguido?

- 1. Chevrolet.
- 2. Chrysler.
- 3. Ford.
- 4. Nissan.
- 5. Volkswagen.
- 6. Otro (especificar).

10. ¿Cuál es el modelo de vehículos que convierte más seguido?

- a. 2015
- b. 2016
- c. 2017
- d. 2018
- e. 2019
- f. Otro (especificar).

11. ¿De qué municipios provienen sus clientes?

- a. Apodaca
- b. Cadereyta Jiménez
- c. García
- d. General Escobedo
- e. Guadalupe
- f. Juárez
- g. Monterrey
- h. Salinas Victoria
- i. San Nicolás de los Garza

- j. San Pedro Garza García
 - k. Santa Catarina
 - l. Santiago
 - m. Otro (especificar).
12. ¿Cada cuando se les debe de dar el mantenimiento a las unidades, (km-años)?
13. ¿En qué momento se les hace el mantenimiento a los vehículos?
- a. En tiempo y forma.
 - b. Cuando viene el cliente.
 - c. Solo cuando presenta falla.
 - d. Otro (especificar).
14. ¿Cuál es el costo del equipo a gas natural?
- a. Contado
 - b. Plazos
 - c. Meses sin intereses
 - d. Otra forma de pago
15. ¿Cuál es el costo del mantenimiento de los vehículos a gas natural?
16. Hasta el día de hoy, ¿Qué cantidad de vehículos ha convertido a Gas Natural?

APÉNDICE C

ENCUESTA A CLIENTES DE GNV

«Si no conozco una cosa, la investigaré».

Louis Pasteur.

Se muestra el cuestionario realizado a los principales clientes que usan gas natural vehicular en sus unidades; taxistas, conductores de aplicaciones privadas, y agentes de transporte publico.

El objetivo de este fue darnos una idea de cuales eran las principales necesidades e inconvenientes del cliente, asi como ampliar el panorama actual de dicha investigación.

Clientes de GNV

Encuesta vehicular de gas natural comprimido

Le agradecemos responder, marcando con (x), o completando donde sea conveniente, a este breve y sencillo cuestionario; que tiene como propósito obtener datos que ayuden a encontrar las razones de los problemas existentes en la Masificación del Consumo del GNV; y, en base a las recomendaciones que sean necesarias, adecuadas o convenientes.

1. Fecha

-
2. Estación encuestada
 - a. Naturgy GNV (Y Griega)
 - b. Naturgy GNV (Guadalupe)
 - c. Enco GNV (Guadalupe)
 - d. Estación GNV (Grupo Trees)
 - e. Enco GNV (Lincoln)
 - f. Grupo Martínez (Santa Catarina)
 - g. Grupo Martinez GNV (Nepenta)
 - h. Otro (especificar)
 3. Costo al día de gas natural vehicular
 4. Sexo
 - a. Masculino
 - b. Femenino
 5. ¿En qué municipio vive?
 - a. Apodaca
 - b. Cadereyta Jiménez
 - c. García
 - d. General Escobedo
 - e. Guadalupe
 - f. Juárez
 - g. Monterrey
 - h. Salinas Victoria
 - i. San Nicolás de los Garza
 - j. San Pedro Garza García
 - k. Santa Catarina
 - l. Santiago
 - m. Especificar
 6. ¿Cuál es el código postal donde reside o guarda la unidad vehicular?

-
3. ¿Qué edad tiene?
- a. De 18 a 29 años.
 - b. De 30 a 39 años.
 - c. De 40 a 49 años.
 - d. De 50 a 64 años.
 - e. Mas de 65 años.
7. ¿Cuál es su ocupación principal?
- a. Taxista.
 - b. Conductor de aplicaciones (uber, didi, cabify, taxify).
 - c. Empleado de empresa privada.
 - d. Empleado de gobierno.
 - e. Uso particular.
 - f. Otro (especificar).
8. ¿En promedio a cuánto asciende su ingreso semanal?
- a. Menos de \$999 b. De \$1,000 a \$2,999
 - c. De \$3,000 a \$3,999
 - d. De \$4,000 a \$4,999
 - e. De \$5,000 a \$5,999
 - f. De \$6,000 a \$6,999
 - g. Más de \$7,000
 - h. Otro (especificar).
9. ¿En qué municipios trabaja de manera más frecuente?
- a. Apodaca
 - b. Cadereyta Jiménez
 - c. García
 - d. General Escobedo
 - e. Guadalupe
 - f. Juárez
 - g. Monterrey

- h. Salinas Victoria
 - i. San Nicolás de los Garza
 - j. San Pedro Garza García
 - k. Santa Catarina
 - l. Santiago
 - m. Otro (especificar)
10. ¿Dónde prefiere cargar gas natural? sólo una respuesta
- a. Cerca de casa.
 - b. Cerca del trabajo.
 - c. Durante el trayecto.
 - d. Otro (especificar).
11. ¿Cuál es la marca de su vehículo?
- a. Chevrolet.
 - b. Chrysler.
 - c. Ford.
 - d. Nissan.
 - e. Volkswagen.
 - f. Otro (especificar)
12. ¿Qué modelo es el vehículo?
- a. 2014
 - b. 2015
 - c. 2016
 - d. 2017
 - e. 2018
 - f. 2019
 - g. Otro (especificar)
13. ¿Dónde adquirió el equipo a gas natural?
- a. COMEXIGAL.

- b. GNV Tec.
 - c. GAMA AUTO.
 - d. GNCV de México.
 - e. GANAVE.
 - f. GNV AUTOCENTER.
 - g. GAZO.
 - h. TRESESA.
 - i. SUPER CARBURACION MODERNA.
 - j. VANTECS.
 - k. CASCO SERVICE CENTER.
 - l. AUTOGAS DE LEON.
 - m. FCGas.
 - n. Arrendamiento.
 - ñ. Otro (especificar).
14. ¿Hace cuánto tiempo tiene de haber convertido su vehículo a gas natural?
- a. Menos de 6 meses.
 - b. Entre 6 meses y un año.
 - c. Un año y medio.
 - d. 2 años.
 - e. Mas de 3 años.
15. ¿Mediante que medios económicos logró la conversión de su vehículo?
- a. Capital propio
 - b. Préstamo del Banco
 - c. Programa de financiamiento del gobierno.
 - d. Arrendadora.
 - e. Por talleres.
 - f. Dueño de taxis.
 - g. Otro (especificar).
16. ¿Regularmente en qué estaciones carga gas natural?

- a. Naturgy GNV (Y Griega)
 - b. Naturgy GNV (Guadalupe)
 - c. Enco GNV (Guadalupe)
 - d. Estación GNV (Grupo Trees)
 - e. Enco GNV (Lincoln)
 - f. Grupo Martínez (Santa Catarina)
 - g. Grupo Martinez GNV (Nepenta)
 - e. Otro (especificar)
17. ¿Cuánto tiempo tarda en la fila mientras espera a cargar gas natural?
- a. Menos de 10 minutos.
 - b. Entre 11 y 15 minutos.
 - c. Entre 16 y 30 minutos.
 - d. Entre 31 minutos y una hora.
 - e. Más de una hora.
 - f. Other.
18. ¿Espera a que esté vacío el tanque para cargar gas natural?
- 1. Sí
 - 2. No
 - 3. Otro (especificar)
19. ¿Dónde piensa que faltan estaciones de servicio?
20. ¿Para usted qué es lo más importante al cargar gas natural?
- a. Rapidez en carga.
 - b. Tiempo de espera corto.
 - c. Atención al cliente.
 - d. Servicios adicionales (llantas, agua, nivel de aceite, etc.).
 - e. Costo.
 - f. Rendimiento.
 - g. Otro (especificar).

-
21. ¿Con qué frecuencia carga gas natural?
- a. 1 vez al día
 - b. 2 veces al día
 - c. Más de 3 veces al día
 - d. Otro (especificar)
22. ¿En qué horarios carga gas natural?
- a. Mañana
 - b. Tarde
 - c. Noche
 - d. 6:00-9:00
 - e. 9:00-12:00
 - f. 12:00-14:00
 - g. 14:00-16:00
 - h. 16:00-18:00
 - i. 18:00-20:00
 - j. 20:00-22:00
 - k. 22:00-24:00
 - l. 00:00-6:00
23. Durante el uso de su vehículo ¿Con qué frecuencia usa el gas natural?
- a. Siempre.
 - b. Un 80 %.
 - c. Un 50 %.
 - d. Menos de un 20 %.
 - e. Otro (especificar) hrs.
24. ¿En qué casos usa sólo gasolina?
- a. Encender vehículo.
 - b. Solo en carretera.
 - c. Solo en ciudad.
 - d. No tiene GNV en el tanque.

-
- e. Otro (especificar).
25. ¿Con qué frecuencia realiza mantenimientos a su vehículo?
- a. En tiempo y forma.
 - b. Lo aplaza.
 - c. Sólo cuando presenta falla.
 - d. Otro (especificar).
26. ¿Ha presentado fallas su vehículo?
- a. Sí.
 - b. No.
27. ¿Cuáles son las principales fallas que ha presentado su vehículo?
28. En promedio ¿Cuántos kilómetros u horas recorre al día?
- a. menos de 25 km.
 - b. entre 26 y 99 km.
 - c. entre 100 y 149 km.
 - d. entre 150 y 199 km.
 - e. Entre 200 y 299 km.
 - f. más de 300 km.
 - g. Horas
29. ¿Cuánto dinero gasta al cargar gas natural?
- a. Menos de \$100
 - b. \$100-\$150
 - c. \$150-\$200
 - d. \$200-\$250
 - e. Semanal

APÉNDICE D

ENCUESTA A PARTE COMERCIAL DE GNV

«El que ha llegado tan lejos que ya no se confunde, ha dejado también de trabajar».

Max Planck.

Se muestra el cuestionario realizado a la parte comercial de EDS gas natural vehicular.

El objetivo de este fue darnos una idea de que tipo de EDS existen y operación, así como ampliar el panorama actual de dicha investigación.

Comercial EDSGNV

Le agradecemos responder completando donde sea conveniente, a este breve y sencillo cuestionario; que tiene como propósito obtener datos que ayuden a encontrar las razones de los problemas existentes en la Masificación del Consumo del GNV; y, en base a las recomendaciones que sean necesarias, adecuadas o convenientes.

1. Fecha
2. Nombre de la empresa

3. Actualmente ¿Cuántas estaciones de gas natural tiene la empresa?
4. ¿Qué tipo de estaciones son?
 1. Entre 2 y 4 bombas/despachadores
 2. Entre 4 y 6 bombas/despachadores
 3. Mayor a 6 bombas/despachadores.
 4. Otro (especificar).
5. Siempre se encuentra operando el número total de bombas/despachadores disponibles
 1. Si
 2. No
 3. Otro (especificar).
6. ¿En qué momento se encuentra al 100 % de su capacidad?
7. ¿Se encuentran operando siempre el número total de bombas/despachadores disponibles?
8. ¿Cuánto tiempo se tarda aproximadamente la construcción de una estación de gas natural?
9. ¿Cuál es el costo promedio total de la construcción de una estación de gas natural?
 - a) Pequeña
 - b) Mediana
 - c) Grande
10. ¿Qué factores y criterios consideran para ubicar estaciones de gas natural?
11. ¿Qué metodología utilizan para determinar la localización de las estaciones de gas natural?
12. ¿Cuentan con algún estudio de mercado para la evaluación de zonas probables o pertinentes para la construcción de estaciones de servicio? Si la respuesta es sí, especifique.

APÉNDICE E

ENCUESTA A EXPERTOS EN LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN EDSGNV DE GNV

«En algún lugar, algo increíble está esperando ser conocido».

Carl Sagan.

Se muestra el cuestionario realizado a los expertos en localización y ubicación EDSGNV.

El objetivo de este fue obtener las decisiones de como los expertos diversifican el mercado de GNV, así como ampliar el panorama actual de dicha investigación.

Expertos en localización y ubicación EDSGNV

Le agradecemos responder, completando donde sea conveniente y lo más conciso posible a este breve y sencillo cuestionario; que tiene como propósito obtener datos que ayuden a encontrar las razones de los problemas existentes en la Masificación del Consumo del GNV; en base a las recomendaciones que sean necesarias, adecuadas o convenientes.

1. Fecha

2. Nombre y cargo del encuestado
3. Nombre de la empresa o institución donde labora
4. Basándose en su experiencia y toma de decisiones que factores y criterios considera para la construcción de ubicaciones, como lo son las estaciones de gasolina o de gas natural
5. Considera alguna metodología de ubicación y localización para la construcción de las estaciones de servicio de gas natural
6. ¿Dentro de los factores y criterios mencionados puede priorizar y enumerar cuales son los más importantes a tomar en cuenta en cuanto a localización y ubicación de estaciones de gas natural?

APÉNDICE F

ENCUESTA DE CRITERIOS DE UBICACIÓN EDS DE GNV

«Investigación es lo que hago cuando no sé lo que estoy haciendo».

Wernher von Braun.

Se muestra el cuestionario realizado de los principales criterios de ubicación EDSGNV para localizar dichas instalaciones.

El objetivo de este fue obtener que metodología y criterios se necesitan para diversificar las estaciones.

Criterios de ubicación EDS de GNV

Le agradecemos responder, marcando con (x), o completando donde sea conveniente, a este breve y sencillo cuestionario; que tiene como propósito obtener datos que ayuden a encontrar las razones de los problemas existentes en la Masificación del Consumo del GNV; y, en base a las recomendaciones que sean necesarias, adecuadas o convenientes.

1. Fecha
2. Nombre y cargo del encuestado

3. Nombre de la empresa
4. Aproximadamente, ¿cuánto tiempo se tardan en la construcción de una estación de gas natural? (de ser necesario describa el tamaño por estación)
5. ¿Cuál es el costo promedio total de la construcción de una estación de gas natural? (de ser necesario describa el costo por estación).
 - a. Pequeña
 - b. Mediana
 - c. Grande
6. Dentro de la ubicación y localización de estaciones usan alguna metodología o estudio para determinar donde construir las estaciones de gas natural.
7. Por consiguiente ¿Qué factores y criterios consideran para ubicar estaciones de gas natural? (agregar sí existe algún otro aspecto a considerar)
8. ¿Cuentan con algún estudio de mercado para la evaluación de zonas probables o pertinentes para la construcción de estaciones de servicio? Si la respuesta es sí, especifique.

BIBLIOGRAFÍA

- ADIB, R., H. MURDOCK, F. APPAVOU, A. BROWN, B. EPP, A. LEIDREITER, C. LINS, H. MURDOCK, E. MUSOLINO, K. PETRICHENKO *et al.* (2015), «Renewables 2015 global status report», *REN21 Secretariat, Paris, France*.
- AL-KHUZAMI, M. (2011), «GIS Training Course Material», *College of Engineering Petroleum, Kuwait University, Kuwait*.
- ALBA, G. D. (2010), «Estudio de factibilidad para instalar una elaboradora de galletas dulces», *Tesis de Ingenieria. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.*
- ALCAIDE, C. R. H. R. . S.-B. R., JUAN CARLOS. (2012), *Geomarketing, Marketing Territorial para vender y fidelizar más.*, segunda edición, Esic Editorial, Madrid.
- AMNGV, A. M. G. (2016), «Natural Gas Vehicle Statistics», .
- ANTONIO, M.-J. (1999), «En busca de la localización óptima para instalaciones perjudiciales: propuesta de modelos y resolución con sistemas de información geográfica», *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, ISSN 0212-9426, N°.* 27, 1999, *pags.* 81-98.
- BALLOU, R. H. (2004), *Logística Administración de la cadena de suministro*, quinta edición, Pearson, México, DF.
- BANIANDRES, J., L. GARTZIA y A. AMILLANO SOLANO (2017), «Factores subjetivos en la evaluación del desempeño.», .

- BARREDO CANO, J., J. I. Y BOSQUE SENDRA (1999), *Multicriteria evaluation methods for ordinal data in a GIS environment*, tomo Geographical Systems, 5, pp. 313-327.
- BARREDO CANO, J. I. (1996), *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*, tomo Madrid, Ed. Ra-Ma.
- BAZARAA, M. S., J. J. JARVIS Y H. D. SHERALI (2004), *Programación lineal y flujo en redes*, segunda edición, Limusa, México, DF.
- BETANCOUR, O. A. *et al.* (2012), «Logística. Conceptualización y tendencias actuales», *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, **161**.
- BLANCHARD (2012), «ORIGEN DEL TÉRMINO CADENA DE SUMINISTRO», URL <https://www.eoi.es/blogs/scm/2012/11/04/origen-del-termino-cadena-de-suministro/>.
- BOCCO, S. S. . T. E., MÓNICA (2002), «MODELOS MULTICRITERIO: UNA APLICACIÓN A LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PRODUCTIVAS.», *Agricultura Técnica*,, págs. 450–462.
- BOSQUE, J. y S. FRANCO (1995), *Modelos de localización-asignación y evaluación multicriterio para la localización de instalaciones no deseables*, tomo Serie Geográfica, 5, 97-112.
- BOSQUE SENDRA, D. C. C. D. M. M. A. G. D. M. G. F. D. R. E. V. M. S. G. M. J., J. (2004), «Propuesta metodológica para caracterizar las áreas expuestas a riesgos tecnológicos mediante SIG.», *GeoFocus (Artículos)*, págs. 4–44.
- BUZAI, G. (2011), «Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos: análisis espacial de Centros de Atención Primaria de Salud (CAPS) en la ciudad de Luján, Argentina», *Cuadernos de Geografía : Revista Colombiana de Geografía*, **20**.
- CAMARA, C. y F. LABRADA (2014), «Metodología para la identificación, clasificación y evaluación de los recursos territoriales turísticos del centro de ciudad de Fort-de-France», **35**, págs. 48–67.

- CHAKHAR, S. (2003), «Enhancing Geographical Information Systems Capabilities with Multi-Criteria Evaluation Functions.», *Journal of Geographic Information and Decision Analysis México, D.F.*
- CHOPRA, S. y P. MEINDL (2005), *Administración de la cadena de suministro estrategia, planeación y operación*, tomo 5ta edición.
- CHURCH, R. y A. MURRAY (2008), «Business Site Selection, Location Analysis and GIS», *Business Site Selection, Location Analysis and GIS*, págs. 1–306.
- COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS (CSCMP) (2019), *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*, tomo 5ta edición.
- DAGAZNO, C. F. (1994), «Logistics systems analysis: A Review», *springer*, 2.
- DASKIN, M. S., L. V. SNYDER y R. T. BERGER (2005), «Chapter 2 FACILITY LOCATION IN SUPPLY CHAIN DESIGN», .
- DE MONTIS, D. T. P. D. B. O. I. . S. S., A. (2000), «Criteria for quality assessment of MCDA methods. In Transitions Towards a Sustainable Europe», *Universitat Autònoma Barcelona, European Commission Environment and Climate Programme. Vienna, Austria*, 220, págs. 1–30.
- DEL RÍO, J. (2019), «Hacia la reducción de la dependencia en la importación de petróleo y petrolíferos en México», .
- DREZNER, Z. y H. W. HAMACHER (2002), *Facility location. Applications and theory*.
- DUDA, R. y E. SHORTLIFFE (1983), «Expert System Research», *Science (New York, N.Y.)*, 220, págs. 261–8.
- DUFOUR, J. G. y D. P. (1999), «Les transports de marchandises et la ville. L'expérience Française», *Conference Européenne des Ministres des Transports*, 2.
- EASTIN, R. (1978), «Nijkamp, P. and A. van Delft, "Multi-Criteria Analysis and Regional Decision-Making"(Book Review)», *Town Planning Review*, 49, pág. 577.

- ELINEEMA, R. R. (2002), «Análisis del método AHP para la toma de decisiones multicriterio», *Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.*
- ENTIDAD MEXICANA DE ACREDITACIÓN (2019), «EMA», URL https://www.ema.org.mx/portal_v3/.
- GOEPEL (2019), «Business Performance Management Singapore», URL <https://bpmsg.com/ahp/>.
- GUERRERO SUÁREZ, F. y F. LLANO CAMACHO (2003), «CASO DE ESTUDIO. GAS NATURAL EN COLOMBIA - GAS e.s.p.», *Estudios Gerenciales*, (87), págs. 115–146, URL https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/110.
- GÓMEZ DELGADO, J. I., M. Y BARREDO CANO (2005), *Sistemas de información geografía y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*, tomo Madrid, Ed. Rama.
- HALE, T. y C. MOBERG (2003), «Location Science Research: A Review», *Annals OR*, 123, págs. 21–35.
- HERNÁNDEZ, C. Y. B. P., R.; FERNÁNDEZ (2011), *Metodología de la Investigación.*, segunda edición, McGraw-Hill., México.
- HERVÁS, P., J. Y ROSIN (2001), «Tratamiento digital de imágenes de teledetección en el espectro óptico para el reconocimiento y control de deslizamientos», *V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables, Madrid.*
- JOHNSON, A. (1984), «The limits of formalism in agricultural decision research. In Agricultural decision making.», *Academic Press Inc. New York. USA.*
- LÓPEZ-GÓMEZ, E. (2018), «El método Delphi en la investigación actual en educación: una revisión teórica y metodológica», *Educacion XX1*, 21, págs. 17–40.

- MACHUCA, J. (2020), «Dirección de operaciones / José A. Dominguez Machuca ... [et. al.]», *SERBIULA (sistema Librum 2.0)*.
- MANRIQUE-TISNÉS, H. y A. CORREA (2019), «Toma de decisiones: intuición y deliberación en la experiencia de los decisores», *Innovar*, **29**, págs. 149–164.
- MARTÍNEZ, H. M. y H. M., R.M. (1996), *Evaluación de programas educativos. Investigación evaluativa. Modelo de evaluación de programas.*, UNED, Madrid, España.
- MARTÍNEZ, H. M. y H. M., R.M. (2006), *Psicometría.*, Alianza editorial., Madrid, España.
- NEGDIA (2020), «Historia del gas natural y Negdia», [urlhttps://www.nedgia.es/conocenos/gas-natural/historia-del-gas-natural-y-nedgia/](https://www.nedgia.es/conocenos/gas-natural/historia-del-gas-natural-y-nedgia/).
- NGV, A. M. G. (2018), «Natural Gas Vehicle Statistics», URL <http://www.iangv.org/current-ngv-stats/>.
- NORTEGAS (2019), «Archivo Historia del gas natural», [urlhttps://www.nortegas.es/nuestros-negocios/distribucion-de-gas-natural/historia-del-gas/](https://www.nortegas.es/nuestros-negocios/distribucion-de-gas-natural/historia-del-gas/).
- OISE (2015), «Observatorio de Inteligencia del Sector Energético (OISE)», [urlhttp://www.oise.mx/](http://www.oise.mx/).
- OSINERGMIN (2018), «Osinergmin», [urlhttps://www.osinergmin.gob.pe/gas/](https://www.osinergmin.gob.pe/gas/).
- PASSUELLO, A., O. CADIACH RICOMA, Y. PEREZ y M. SCHUHMACHER (2012), «A spatial multicriteria decision making tool to define the best agricultural areas for sewage sludge amendment», *Environment international*, **38**, págs. 1–9.
- PIETERSEN, K. (2006), «Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA): A Tool to Support Sustainable Management of Groundwater Resources in South Africa», *Water SA*, **32**.

- PÉREZ, L. y T. SUAREZ-MEANNEY (2009), «Geomarketing y geoepidemiología para formular estrategias en salud pública y privada / Geomarketing and geoepidemiology to formulate strategies for public and private health», *Salud Uninorte*, **25**.
- ROMERO, C. y REHMAN (1989), «Multicriteria analysis for agricultural decisions. Development in Agricultural Economics», *Elsevier Science Publishers B.V. New York. USA*.
- ROWE, G. y G. WRIGHT (2001), «Expert Opinions in Forecasting: The Role of the Delphi Technique», *International Series in Operations Research and Management Science*.
- SAATY, T. (2008), «Decision making with the Analytic Hierarchy Process», *Int. J. Services Sciences Int. J. Services Sciences*, **1**, págs. 83–98.
- SANZ, F. S. (2016), «ANÁLISIS , DIAGNÓSTICO Y APLICACIÓN DEL CAMBIO A GAS NATURAL VEHICULAR COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO EN UNA Fernando Sánchez Sanz 08417», .
- SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT) (2019), «Gas Natural Vehicular», URL <https://www.gob.mx/semarnat>.
- SEKHAR, C., M. PATWARDHAN y V. VYAS (2015), «A Delphi-AHP-TOPSIS based framework for the prioritization of intellectual capital indicators: A SMEs perspective [J]», *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, **189**, págs. 275–284.
- SULLIVAN, D. y B. WATKINS (1999), «Implant selection considerations and criteria.», *Dental implantology update*, **10**, págs. 65–9.
- TEÓRICAS, C. I. C. (2010), «Instituto politécnico nacional», .
- THANGARATINAM, S. y C. GYNAECOLOGIST (2011), «The Delphi technique», *The Obstetrician Gynaecologist*, **7**, págs. 120 – 125.

- TKACH, R. y SIMONOVIC (1997), «A new approach to multi-criteria decision making in water resources.», *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, **1**, págs. 25–44.
- TORO, E., J. FRANCO y R. GALLEGU-RENDÓN (2016), «Modelo matemático para resolver el problema de localización y ruteo con restricciones de capacidad considerando flota propia y subcontratada», *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, **17**, págs. 357–369.
- TOSKANO H., G. B. (2005), «El proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores.», *acultad de Ciencias Matemáticas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú*.
- WEBER, A. (1909), «APLICACIÓN EN LOS INGENIOS DEL CLUSTER AZUCARERO DEL VALLE DEL CAUCA.», , pág. pag 62.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Yang-Li Wong Ontiveros

Candidato para obtener el grado de
Maestría en Logística y Cadena de Suministro

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Tesis:

EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN PARA LOCALIZAR ESTACIONES DE
SERVICIO DE GAS NATURAL VEHICULAR EN NUEVO LEÓN

Soy un chico entusiasta, optimista, disruptivo, fiel a mis principios por la completa convicción de salir adelante y no solo ver por uno mismo, sino también ver por los demás. Nací en la capital del país, Ciudad de México el 19 de agosto de 1991 de una relación entre mi madre María Teresa Ontiveros Delgado y mi padre Jorge Víctor Wong Álvarez. Mi nombre es Yang-Li Wong Ontiveros, actualmente tengo 29 años y soy orgullosamente mexicano. He de decir que vengo de una gran familia, tengo una hermana a la cual amo y adoro, su nombre Xhel-Ha, ella quien me ha dado la oportunidad de ser tío de un bebé maravilloso Isaac y reencontrarme con el niño interior que llevamos dentro.

Desde mis primeros años he dado muestras de compromiso, liderazgo, inquietud y ganas por salir adelante. Del kínder a la secundaria estuve en cole-

gios particulares hasta llegar a la preparatoria donde estudié en el CECyT No. 1 “Gonzalo Vázquez Vela” mejor conocida como Voca 1 que pertenece a una de las mejores universidades del país el Instituto Politécnico Nacional (IPN), ahí me gradué de la carrera técnica en Sistemas Digitales, posteriormente ingresé a la universidad en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE) del mismo IPN, graduándome en el año 2013 de Ingeniero Químico Industrial. A lo largo de mi carrera como estudiante forme parte de grupos de investigación en ciencia y tecnología lo cual me hizo ampliar mi visión sobre la divulgación científica y sembrar una semilla sobre lo que es la investigación, a la par empecé a trabajar como becario mientras estudiaba para irme formando un carrera como profesionista, estuve en áreas como administración, capacitación, compras, inspección, seguridad industrial de maravillosas empresas que forjaron en mí, experiencia y carácter para enfrentarme al ámbito laboral y orillándome a trabajar en el sector energético en empresas como PEMEX, Gas Express Nieto, IEnova, Igasamex, entre otras dentro y fuera del país, ocupando puestos de proceso, de administración y de supervisión. Después de 6 años de experiencia en el sector privado decidí en el 2018 retomar la parte de la investigación y aumentar mis conocimientos a nivel académico, cosa que siempre me decían mis padres, así que de esta manera emprendí mi camino en búsqueda de un posgrado que vinculara mi experiencia y el futuro de mi vida profesional, y que este no solo formara una mejor persona con mayor capacidad analítica y crítica ante los nuevos retos sino que también me hiciera mejor ciudadano en la toma de decisiones, para que en un futuro inmediato se llegue a rendir frutos y tener mejores puestos jerárquicos, de emprendimiento y porque no mayores compensaciones económicas, de esta forma es como llegue a estudiar la Maestría en Logística y Cadena de Suministro de esta gran universidad, la Universidad Autónoma de Nuevo León.